FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

Année 1967 N° 115

Contribution à l'étude de l'adaptation des ligaments au glissement, à la pression et à la réflexion

---

THÈSE

présentée pour le Doctorat en Médecine

par

Christian RIBOT
né le 16 novembre 1942 à Bourg (Ain)

Elève de l'Ecole du Service de Santé Militaire
Ancien Moniteur à l'Institut d'Anatomie Normale de la
Faculté de Médecine de Strasbourg

Président : Monsieur J. G. KORITKE, Professeur

IMPRIMERIE ALSATIA COLMAR

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

Année 1967 N° 115

Contribution à l'étude de l'adaptation des ligaments au glissement, à la pression et à la réflexion

---

THÈSE

présentée pour le Doctorat en Médecine

par

Christian RIBOT

né le 16 novembre 1942 à Bourg (Ain)

Elève de l'Ecole du Service de Santé Militaire
Ancien Moniteur à l'Institut d'Anatomie Normale de la
Faculté de Médecine de Strasbourg

Président : Monsieur J. G. KORITKE, Professeur

IMPRIMERIE ALSATIA COLMAR

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE STRASBOURG

Doyen	MM.	Clavert J.
Doyens honoraires		Callot J.
		Fontaine R.
Assesseur		Callot J.

Professeurs titulaires

Histologie	MM.	Aron C.
Clinique Dermatologique		Basset A.
Chirurgie Infantile		Buck P.
Parasitologie		Callot J.
Physique Biologique		Chambron J.
Médecine Légale et Sociale		Chaumont A
Embryologie		Clavert J.
Clinique Chirurgicale A		Fontaine R.
Clinique Gynécologique 1		Gandar R.
Clinique Oto-Rhino-Laryngologique		Greiner G.
Electro-Radiologie		Gros C.
Chaire de Pathologie et Clinique Séméiologique Chirurgicales		Jung A.
Clinique Psychiatrique		Kammerer T.
Physiologie		Kayser Ch.
Biologie Médicale		Klein M.
Anatomie Normale		Koritke J.-G.
Anatomie Pathologique		Le Gal Y.
Chimie Biologique		Mandel P.
Physiologie Appliquée		Metz B.
Thérapeutique		Metzger H.
Chaire de Bactériologie, Virologie, Immunologie Générale		Minck R.
Gynécologie et Obstétrique 2		Muller P.
Clinique Ophtalmologique		Nordmann J.
Pneumo-Phtisiologie		Oudet P.
Pédiatrie et Puériculture		Sacrez R.
Clinique Médicale B		Stahl J.
Pathologie Expérimentale		Stephan F.
Clinique Neurologique		Thiebaut F.
Stomatologie		Vedrine J.

Hématologie	Waitz R.
Clinique Médicale A	Warter J.
Clinique Chirurgicale B	Weiss A.
Hydrologie	N...
Hygiène	N...
Pharmacologie et Médecine Expérimentale	N...

Professeurs à titre personnel

Clinique Opthalmologique	MM. Bronner A.
Histologie	Marescaux J.
Physiologie	Marx Ch.
Hématologie	Mayer G.
Clinique Neurologique	Rohmer Fr.
Pathologie Chirurgicale	Seror J.
Anatomie	Winckler G.

Professeurs sans chaire

Anatomie Pathologique	MM. Batzenschlager A.
Clinique Chirurgicale A	Bollack Cl.
Pneumo-Phtisiologie	Burghard G.
Clinique Médicale B	Dorner M.
Biologie Médicale	Karli P.
Hygiène	Kirn A.
Bactériologie	Lavillaureix J.
Clinique Médicale A	Mantz J.-M.
Médecine Légale	Marcoux Fr.
Clinique Chirurgicale B	Witz J.-P.

Maîtres de conférences agrégés

Clinique Chirurgicale B	MM. Adloff M.
Anatomie	Aprosio N.
Clinique Médicale A	Asch L.
Pharmacologie	Bloch R.
Clinique Médicale B	Bockel R.
Clinique Opthalmologique	Brini Alfr.
Chimie Biologique	Chambon P.
Clinique Psychiatrique	Ebtinger René
Clinique Médicale B	Fincker L.
Département d'Anésthésiologie	Gauthier-Lafaye P.
Clinique Chirurgicale B	Grenier J.
Pathologie Expérimentale	Heran J.
Clinique Neurologique	Isch Fr.
Clinique Psychiatrique	Israel L.

Clinique Médicale B		Jahn H.
Pédiatrie et Puériculture		Juif J.
Electro-Radiologie		Keiling R.
Gynécologie et Obstétrique (Maternité)		Keller B.
Electro-Radiologie (Clinique Médicale A)		Kempf Fr.
Pathologie Chirurgicale (Hôpital Stéphanie)		Kempf Y.
Clinique Chirurgicale A		Kieny R.
Parasitologie		Kremer M.
Clinique Chirurgicale A		Lang G.
Pédiatrie et Puériculture		Levy J.-M.
Clinique Dermatologique		Maleville J.
Hématologie	Mme	Mayer S.
Anatomie Pathologique		Philippe E
Pneumo-Phtisiologie		Roegel E.
Clinique Médicale A		Sacrez A.
Physiologie		Schaff G.
Pédiatrie et Puériculture		Schneegans E.
Clinique Chirurgicale B		Schvingt Eug.
Pharmacologie		Schwartz J.
Clinique Chirurgicale A		Sibilly A.
Physique Biologique		Vergnes René
Chimie Biologique		Vincendon G.
Electro-Radiologie (Clinique Neurologique)		Wackenheim A.
Electro-Radiologie		Walter J.-P.
Electro-Radiologie (Clinique Chirurgicale A)		Warter P.
Clinique Médicale A		Weill J.-P.
Pédiatrie et Puériculture		Willard D.

Professeurs associés

Hématologie	MM.	Jurkowic V.
Clinique Neurologique		Philippides D.

Agrégés

Stomatologie	MM.	Champy M.
Stomatologie		Franck R.
O.R.L.		Klotz G.
Médecine Légale		Mehl J.

Agrégés libres

MM. Beyer P.
Forster E.
Hollender L.
Kuhlmann D.
Kuntzmann J.
Muller J.-N.
Voegtlin R.

Directeur de l'Institut Dentaire

M. le Professeur VEDRINE J.

Chargés d'un cours d'Enseignement complémentaire

MM. MATHIS
MOISE
MM. SINGER
TISSIER

Secrétaire principal de la Faculté de Médecine

M. KIEHL G.

Professeurs honoraires

MM. ARON M.
BURGER P.
BENOIT J.
ROEDERER J.
MM. ROHMER P.
SCHMID F.
THIODET J.
VINTEMBERGER P.

La Faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs Auteurs, et qu'elle entend ni les approuver, ni les improuver

SERMENT D'HIPPOCRATE

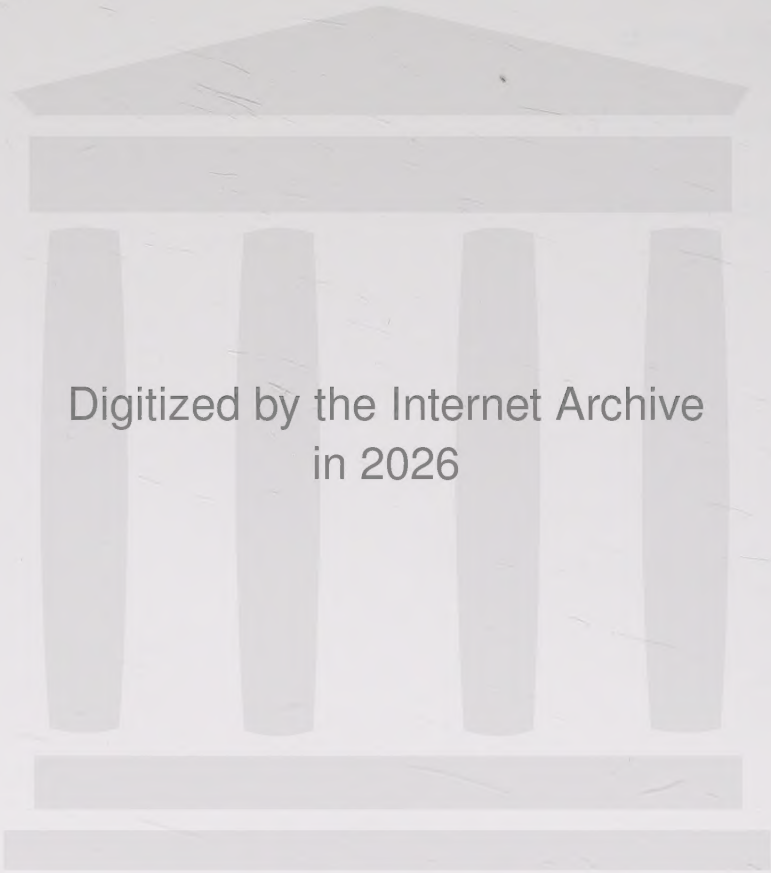
En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Etre suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser les crimes.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis resté fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.


Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41550018_0055

A la mémoire de notre Maître

Monsieur le Professeur Pierre Meyer,

Professeur d'Anatomie,

qui nous avait fait l'honneur de nous accueillir à l'Institut d'Anatomie en 1963. Nous avons perdu en lui un guide sûr et bienveillant qui avait su nous donner le goût de la recherche anatomique.

Nous lui garderons un souvenir respectueux et nous nous efforcerons d'être digne de son idéal.

A notre Maître et Président de Thèse

Monsieur le Professeur Jean-Georges Koritke
Directeur de l'Institut d'Anatomie Normale,
Biologiste des Hôpitaux,

qui nous a inspiré ce travail et nous a guidé avec sa bienveillance et sa sollicitude.

Qu'il veuille bien trouver ici l'hommage de notre vive reconnaissance et de notre profonde affection.

A nos juges de Thèse

Monsieur le Professeur J. Marescaux,

Monsieur le Professeur s. ch. A. Batzenschlager,

Monsieur le Maître de Conférences agrégé Y. Kempf.

Nous leur exprimons notre profonde gratitude.

A nos Maîtres de la Faculté de Médecine de Strasbourg.

A Monsieur le Docteur Henri SICK

Chef de Travaux à l'Institut d'Anatomie Normale,

pour les conseils bienveillants et les encouragements qu'il n'a cessé de nous apporter.

Nous lui exprimons notre sincère reconnaissance.

Nous remercions tout particulièrement

Madame C. Ould-Rouis,

Madame D. Rösler,

Monsieur E. Huber,
Illustrateur médical,

qui ont assuré la dactylographie et contribué à l'illustration de cette thèse.

I. INTRODUCTION

Les présentes investigations consistent à étudier, dans le cadre général des adaptations fonctionnelles de l'appareil locomoteur, les structures particulieres de quelques ligaments articulaires soumis au glissement et à la pression au cours des mouvements articulaires.

Si les Auteurs des Traités d'Anatomie ou d'Histologie décrivent de manière détaillée la morphologie des ligaments, ils ne consacrent généralement qu'une étude réduite à leur texture et à leur cytologie toujours comparées à celles des tendons. Ainsi W. Bargmann (1962) souligne que « des analyses minutieuses de l'architecture des ligaments n'ont pas encore été réalisées ».

Le fonctionnement d'une articulation entraîne le déplacement des ligaments par rapport aux éléments de voisinage : os, cartilage, tissu conjonctif dense; un tel déplacement, fréquemment répété, est favorisé par la présence d'appareils de glissement. La plupart des Auteurs reconnaissent à l'examen macroscopique des zones de glissement des ligaments, un aspect dense, lisse et brillant; l'étude histologique de telles zones est toutefois peu détaillée. Envisagée pour les surfaces de réflexion des tendons, cette recherche a révélé l'existence de structures d'adaptation au glissement et à la pression d'une part, à la forme de la poulie de réflexion d'autre part (H. Sick, 1964). Etant donnée l'analogie de constitution des tendons et des ligaments, il semble intéressant de rapporter présentement l'analyse macroscopique et microscopique de quelques ligaments fibreux articulaires, pareillement soumis à la pression et au glissement.

Ainsi convient-il de rappeler d'abord l'organisation générale des ligaments articulaires et celle des structures d'adaptation de tels ligaments soumis au glissement, à la pression et à la réflexion, d'exposer ensuite les observations d'exemples trouvés au niveau des membres et du tronc, puis de confronter dans une discussion les observations et les règles théoriques énoncées, et finalement de présenter les conclusions.

II. L'ORGANISATION GENERALE DES LIGAMENTS ARTICULAIRES

A. DÉFINITION ET RAPPEL EMBRYOLOGIQUE CONCERNANT LES LIGAMENTS ARTICULAIRES

Les ligaments articulaires sont des formations fibreuses qui contribuent à maintenir en présence les pièces squelettiques qui entrent dans la constitution d'une articulation.

Selon E. Retterer, les ligaments dérivent du tissu mésenchymateux qui entoure les ébauches cartilagineuses des extrémités squelettiques, elles-mêmes recouvertes d'une couche chondrogène. La zone mésenchymateuse intermédiaire s'amincit progressivement alors que se forment entre les deux segments squelettiques une ou deux fentes articulaires, ébauche de la cavité articulaire. Au contraire, à la périphérie, le tissu mésenchymateux s'épaissit progressivement pour constituer les futurs éléments d'union de l'articulation. En effet, sur les parties latérales de la zone intermédiaire qui sépare les deux épiphyses, il se constitue une couche densifiée de tissu mésenchymateux dont les nombreuses cellules orientent le grand axe de leur noyau ovalaire d'une extrémité squelettique à l'autre. Cette couche cellulaire dense se continue de part et d'autre de l'articulation avec la zone fibrillaire du périchondre et se fixe sur la face externe des deux cartilages articulaires (A. Nicolas, 1926). Ces caractères la différencient du mésenchyme ambiant périphérique et de la partie moyenne de la zone intermédiaire centrale. Elle représente l'ébauche de la capsule qui s'organise en certains endroits en bandelettes ou en cordons fibreux, futurs ligaments articulaires (M. Mutel, 1920). Se développant chez le fœtus avant même que se soient manifestées les forces mécaniques qui s'exercent normalement sur eux, « certains ligaments articulaires sont en totalité ou en partie des acquisitions fonctionnelles devenues héréditaires » (H. Rouviere, 1939).

B. MORPHOLOGIE ET TEXTURE DES LIGAMENTS ARTICULAIRES

Les ligaments articulaires présentent dans leur forme et leur disposition générale de nombreuses variétés, de telle sorte qu'il apparaît difficile d'entreprendre une classification qui puisse les englober en totalité. La plupart des Auteurs, se fondant sur leur situation, les divisent en trois groupes : 1) les ligaments capsulaires; 2) les ligaments interosseux; 3) les ligaments à distance.

1) *Les ligaments capsulaires* – Les ligaments capsulaires sont de simples épaississements du manchon capsulaire. Blanc-nacrés et bril-

lants, leur consistance est ferme, leur résistance très grande. Ils sont généralement aplatis en bandelettes ou en rubans de forme rectangulaire, trapézoïde ou triangulaire. Ils épousent le relief ostéo-articulaire qu'ils recouvrent et prennent alors la forme de glène comme la face astragalienne du ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur, de gouttière comme le faisceau oblique descendant du ligament latéral interne du genou en face du tendon réfléchi du muscle demi-membraneux, ou encore de portion d'anneau comme le ligament annulaire du coude. Leur grande surface et leur faible épaisseur leur donnent parfois un aspect aponévrotique. Leurs bords se continuent avec la capsule fibreuse dont on peut les dissocier plus ou moins aisément. Leur face interne articulaire est toujours tapissée par le feuillet synovial, leur face externe apparaît souvent en relief sur le manchon capsulaire. De nature conjonctive fibrillaire dense, ils se composent de faisceaux de fibres conjonctives qui, en général, se dirigent parallèlement à la plus grande dimension du ligament, c'est-à-dire de telle sorte qu'ils résistent aux tractions et aux pressions qui s'exercent sur les parties du manchon capsulaire où ces ligaments se forment (H. Rouviere, 1939). Ces faisceaux que l'on qualifie de faisceaux primaires, se groupent en faisceaux secondaires qui, eux-mêmes, peuvent exceptionnellement se réunir en faisceaux tertiaires. Le plus souvent les faisceaux secondaires s'agencent en deux ou trois couches superposées sensiblement planes, qui confèrent au ligament la forme d'une bandelette, simple épaississement capsulaire, ou encore se disposent les unes autour des autres de façon plus ou moins régulière, pour composer un élément plus ou moins arrondi, davantage individualisé par rapport à la capsule. Enfin, quelques ligaments ont une texture complexe car leurs fibres s'entrecroisent en tous sens. L'observation montre aussi la présence de cloisons conjonctives lâches du périligamentum interne qui séparent les faisceaux primaires et secondaires respectivement entre eux. Ces cloisons naissent du périligamentum externe qui recouvre la face superficielle du ligament et rejoignent celui de la face profonde qui est en général sous-synovial. Cette structure fibrillaire se continue sans transition avec celle de la capsule.

2) *Les ligaments interosseux* – Les ligaments interosseux se rencontrent dans les amphiarthroses et les diarthroses. Dans les amphiarthroses, ils relient directement entre elles les surfaces articulaires comme le font par exemple les disques intervertébraux à l'endroit des faces adjacentes des corps vertébraux. Dans les diarthroses, ils sont toujours recouverts de synoviale comme cela se voit dans l'articulation costo-vertébrale; ces ligaments interosseux sont ordinairement très courts, très résistants, en forme de lames ou de cordons d'épaisseur variable et peuvent glisser sur le cartilage articulaire des surfaces en présence. Les faisceaux de ces ligaments interosseux s'orientent dans la direction des forces qui les sollicitent puisqu'ils sont soumis à des tractions et des pressions (H. Rouviere, 1939).

3) *Les ligaments à distance* – Les ligaments à distance sont distincts

de la capsule dans les diarthroses, et du ligament interosseux dans les amphiarthroses. Ils présentent les formes les plus diverses : tantôt en forme de bandelette plus ou moins aplatie, ils ressemblent à des ligaments capsulaires, tantôt en forme de cordons sensiblement cylindriques, ils rappellent des tendons musculaires.

Ceux qui ont l'aspect d'un tendon sont constitués par des groupements de faisceaux primaires de fibres conjonctives, allongées parallèlement au grand axe du ligament. Ces faisceaux se réunissent en faisceaux secondaires plus volumineux qui s'associent parfois eux-mêmes pour former des faisceaux tertiaires.

Mais le système fibreux de ces ligaments n'est point toujours aussi régulièrement agencé. Certains faisceaux subissent des torsions et certaines fibres qui les constituent, quittent le faisceau initial pour se mélanger à un autre faisceau voisin.

Les faisceaux primaires des ligaments à distance sont séparés entre eux par de fines cloisons conjonctives lâches de premier ordre. Ces faisceaux primaires se groupent en faisceaux secondaires qui s'entourent d'une enveloppe conjonctive lâche plus épaisse, dite cloison de second ordre. Ces cloisons de premier et de second ordre, appartenant au *périligamentum* interne, s'épaississent et deviennent plus lâches lorsque du tissu adipeux les infiltre. Le périligamentum externe qui engaîne le ligament et le sépare des organes avec lesquels il est en rapport immédiat, solidarise les faisceaux constitutifs du ligament. Ces formations conjonctives lâches, *périligamentum* externe et *périligamentum* interne, permettent la pénétration des vaisseaux et des nerfs dans la profondeur du ligament.

C. ETUDE HISTOLOGIQUE DES LIGAMENTS ARTICULAIRES

Les ligaments articulaires présentent des caractères histologiques analogues à ceux des tendons des muscles; ces caractères sont indépendants de l'architecture de ces ligaments. Ceux-ci se composent essentiellement de tissu fibreux auquel se joignent quelques fibres élastiques en général peu abondantes. Ces fibres élastiques se rencontrent surtout dans les ligaments très mobiles, dans les ligaments qui occupent les faces d'une jointure uniaxale sur lesquelles se produisent les mouvements et dans les ligaments qui sont en état de tension à peu près permanente; la proportion des fibres conjonctives et des fibres élastiques est adaptée au rôle que les ligaments remplissent dans la mécanique des articulations correspondantes (H. Rouviere, 1939). Chaque fibre conjonctive comprend des fibrilles de collagène très fines constituées elles-mêmes par le groupement de macromolécules hélicoïdales (A. Policard et A. Collet, 1961) soudées les unes aux autres, donnant au tissu ligamenteux une résistance très grande à la traction. Ce tissu est pauvre en eau, riche en matières organiques et plus spécialement en collagène. Son métabolisme est très réduit de telle sorte que A

Policard (1936) a pu considérer le ligament comme un organe hautement différencié, à rôle essentiellement mécanique. Le long de chaque fibre collagène, on met en évidence des fibrocytes allongés qui viennent se coller sur elle à la manière d'une « affiche sur un pilier ». En une zone constante pour les cellules d'une même fibre, se dispose un épaississement appelé crête d'empreinte, là où le cytoplasme basophile est moulé par la pression des fibres voisine (Ranvier, cité par A. Maximow, 1927). Le cytoplasme envoie des expansions minces aliformes qui s'anastomosent dans les espaces interfasciculaires avec des expansions semblables à d'autres cellules (H. Petersen, 1935) et loge un noyau arrondi ou ovulaire dont la chromatine est régulièrement dispersée en mottes très fines. Entre ces cellules et les formations fibrillaires se trouve la substance fondamentale conjonctive peu abondante qui renferme de l'eau, des protéines, des mucopolysaccharides, des sels inorganiques et divers métabolites.

Les ligaments articulaires se présentent donc sous la forme de bandes ou de cordons conjonctifs denses constitués par la réunion de faisceaux primaires en faisceaux secondaires et parfois même en faisceaux tertiaires respectivement séparés entre eux par des cloisons de tissu conjonctif lâche. Les faisceaux primaires se composent surtout de fibres de collagène allongées les unes à côté des autres, entourées de fibrocytes et d'une substance fondamentale peu abondante. Ces caractères structuraux qui rappellent ceux des tendons permettent aux ligaments articulaires d'assurer l'union et la contention des os qui constituent l'articulation, tant au repos qu'au cours de la mobilisation de cette articulation.

Le déplacement fréquemment répété de ligaments fibreux articulaires, par rapport aux organes voisins, os, cartilages, tendons et autres ligaments, déplacement qui résulte du fonctionnement articulaire, est favorisé par la présence d'appareils de glissement qui se distinguent selon leur situation en bourses séreuses, en gaînes synoviales annexées aux tendons, et en synoviales articulaires qui seront examinées à présent.

III. LES STRUCTURES D'ADAPTATION FONCTIONNELLE

L'étude des structures d'adaptation fonctionnelle des ligaments articulaires permet de distinguer des appareils de glissement extrinsèques, les uns, intrinsèques, les autres.

A. LES APPAREILS DE GLISSEMENT EXTRINSÈQUES

Les appareils de glissement extrinsèques sont représentés par les bourses séreuses, les gaînes synoviales annexées aux tendons et la synoviale articulaire.

1) *Les bourses séreuses* – Les bourses séreuses sont connues depuis longtemps des Anatomistes et B.S. Albinus en rapporte une description dès 1734.

Ce sont des lacunes cloisonnées, de forme vésiculaire et de taille variable qui se forment dans le tissu conjonctif en certaines régions soumises à des pressions et des frictions fortes et fréquentes. Ainsi des bourses peuvent séparer non seulement un tendon et une surface osseuse ou bien deux tendons, mais aussi un ligament et les éléments divers avec lesquels il est en contact. Ces bourses sont comprises entre un ligament et un tendon comme par exemple entre le ligament collatéral externe du genou et le tendon du muscle biceps fémoral, entre deux ligaments, comme les ligaments croisés de l'articulation du genou, et enfin entre un ligament et une surface osseuse, c'est alors le cas du ligament collatéral interne du genou en face du rebord du plateau tibial. Parfois ces cavités séreuses communiquent avec la cavité articulaire comme par exemple la bourse du muscle psoas-iliaque avec la cavité articulaire coxo-fémorale.

2) *Les gaînes synoviales annexées aux tendons* – Les gaînes synoviales annexées aux tendons sont des membranes minces qui entourent plus ou moins complètement la surface des tendons dans les coulisses ostéo-fibreuses qu'ils traversent. On distingue à une gaîne synoviale deux feuillets, l'un interne viscéral engaînant le tendon, l'autre externe pariétal plus épais qui tapisse intérieurement la gouttière ostéo-fibreuse. Ces deux feuillets conjonctifs cylindriques, disposés concentriquement, se réunissent à leurs extrémités en formant des culs-de-sac annulaires. Ils entrent en relation réciproque à divers endroits en se réfléchissant autour du tractus fibreux. En effet, le tendon est relié à la coulisse ostéo-fibreuse et de préférence à la partie osseuse de la coulisse, par des tractus conjonctivo-graisseux plus ou moins développés, affectant la forme de filaments ou de membranes qui vectent les vaisseaux nourriciers du tendon. Les replis synoviaux qui réalisent la continuité des deux feuillets viscéral et pariétal de la gaîne sont appelés méso-tendons. Ainsi se constitue une cavité close de toutes parts qui renferme comme les bourses, une petite quantité de liquide qui présente les plus grandes analogies avec la synovie articulaire. Les gouttières à rôle de conduit ou de poulie de réflexion sont de nature osseuse, cartilagineuse ou fibreuse; quelques ligaments constituent, partiellement ou en totalité, une gouttière de réflexion d'un tendon muni d'une gaîne synoviale; c'est le cas du ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur en face du tendon du muscle jambier postérieur.

3) *La synoviale articulaire* – La synoviale articulaire est une membrane mince qui participe à la délimitation de la cavité articulaire. Sa surface est enduite d'un liquide onctueux et filant que l'on appelle synovie, qui lubrifie les surfaces en présence et favorise leur glissement.

X. Bichat l'avait considérée comme un sac sans ouverture, mais des

recherches ultérieures ont établi qu'elle n'était qu'un simple manchon allant d'une surface articulaire à l'autre, s'appliquant intimement sur la face interne de la capsule fibreuse; elle s'insère sur l'os tout près du cartilage articulaire dont elle est séparée par une petite bande de tissu fibro-cartilagineux (F. Tourneux). Elle se réfléchit en les entourant de toutes parts sur des ligaments qui ont un trajet intraarticulaire tel que le ligament rond de l'articulation coxo-fémorale. Elle présente souvent des prolongements internes villositaires de forme et de dimensions variables appelés franges synoviales et des prolongements externes, véritables culs-de-sac qui s'insinuent à travers la capsule pour s'étaler en-dessous ou autour de tendons périarticulaires et de ligaments.

Si la morphologie de la synoviale fut minutieusement décrite, sa structure fut l'objet d'interprétations diverses. D'abord considérée comme une membrane séreuse à cause de sa structure cellulaire, puis comme une membrane pseudo-épithéliale d'origine conjonctive, par H. Tillmans (1874) et J. Henle (1838), on pense par ailleurs qu'il s'agit d'une membrane conjonctive (C. Hueter, 1866; V. Hagentorn, 1882). Cette dernière conception reprise surtout par I. Hammar (1894) et plus récemment par P. Bouin (1929) et A. Policard (1936) est actuellement admise. I. Hammar décrit deux types de synoviale :

a) une synoviale riche en cellules, comprenant deux couches, l'une profonde, l'autre superficielle, plus mince, formée d'une trame conjonctive serrée, fibrillaire, qui renferme de nombreuses cellules connectives plus ou moins ramifiées; ces cellules sont libres ou emprisonnées dans une sorte de capsule réfringente rappelant la capsule cartilagineuse. La synoviale se décolle facilement du plan capsulaire grâce à la présence de tissu conjonctif lâche entre elle et la capsule.

b) Une synoviale pauvre en cellules, de structure plus dense, fortement liée au plan capsulaire. Les cellules sont rares, isolées et non encapsulées. De forme allongée, elles se disposent dans un plan parallèle à la surface, situé dans la profondeur de la membrane; d'autres cellules encore plus rares sont arrondies avec un noyau entouré d'un halo transparent amorphe et ressemblant à des cellules cartilagineuses. Ces cellules encapsulées se trouvent surtout dans les couches superficielles de la synoviale, dans les zones de plus grande pression.

Tous les ligaments observés dans le présent travail sont pourvus de l'un ou l'autre de ces appareils de glissement. Des analyses plus récentes de la structure des bourses séreuses, des gaînes synoviales tendineuses et des feuillets synoviaux articulaires au niveau des zones de réflexion des tendons ont permis d'identifier une structure d'adaptation fonctionnelle de ces formations : le bourrelet de glissement (P. Meyer et H. Sick, 1962; H. Sick, 1964). Ce bourrelet s'associe à d'autres structures propres au ligament qui se révèlent être des modifications architecturales liées, au niveau de ce ligament, au glissement et à la pression, dispositions maintenant examinées.

B. LES STRUCTURES INTRINSÈQUES D'ADAPTATION DES LIGAMENTS AU GLISSEMENT ET A LA PRESSION

Les ligaments articulaires soumis au glissement et à la pression peuvent présenter les structures fonctionnelles suivantes : le bourrelet de glissement, l'agencement des faisceaux en couches de traction et de pression, les lames de fasciculation et la fissuration, adaptations qu'il convient d'étudier successivement.

1) *Le bourrelet de glissement :*

a) *Historique* – L'aspect morphologique particulier des surfaces de réflexion des tendons éveilla l'attention de nombreux Anatomistes. Leurs surfaces mates et jaunâtres présentent un endurcissement attribué à la pression (X. Bichat, 1801). Cet endurcissement est aussi observé sur quelques ligaments. J. Cruveilhier (1851) constate que le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur est très fort, d'une très grande densité qui le rapproche de celle d'un cartilage. Il présente, selon J. Cruveilhier (1851) en face du sésamoïde osseux du tendon du muscle jambier postérieur un point sésamoïde cartilagineux. Cet auteur s'étonne également que X. Bichat n'ait pas inclus le ligament transverse de l'atlas dans son système fibro-cartilagineux, tant il est semblable, par sa consistance, à un cartilage. Mais ce sont surtout les tendons qui furent l'objet d'analyses histologiques plus approfondies; en effet, la structure cellulaire de ces zones de glissement se révèle différente de celle d'une surface de tendon rectiligne bien qu'étant engaîné par la même membrane synoviale. L'apparition de cellules d'aspect cartilagineux serait liée à des facteurs mécaniques (R. Lotze, 1911; O. Srdinko, 1922, cité par G. Häggqvist, 1931). Plus tard, F. Drahn (1922) étudie le tendon du muscle biceps brachial du cheval au niveau de sa zone de réflexion sur le *tuberculum intermedium humeri.* Sur des coupes longitudinales de ce tendon, il distingue deux couches : l'une proche de la surface de glissement, se compose de faisceaux tendineux de petit diamètre et renferme de nombreuses cellules « vésiculeuses » tandis que l'autre opposée à la surface de glissement est formée de faisceaux de plus grand diamètre et contient de rares cellules « vésiculeuses ». Cet auteur déduit de ses observations que l'apparition des cellules de type cartilagineux dans la zone sous-jacente à la surface de glissement est en rapport avec la réflexion du tendon sur l'os. Il pense que les cellules fibroblastiques se transforment en cellules cartilagineuses vraies sous l'influence de la presison et du glissement que subit le tendon dans cette zone. A. Benninghoff (1931) et E. Rehn (1931), puis E. Th. Nauck et E. Ploetz (1937) transplantent expérimentalement le tendon du muscle fléchisseur commun des orteils du lapin. Ces auteurs ouvrent la gaîne du tendon au niveau de sa zone de réflexion rétro-malléolaire; ils ôtent de sa gouttière le tendon sans le léser, et le placent en avant de la malléole tibiale. Ainsi, au cours de la contraction musculaire, le

tendon ne glisse plus dans sa poulie et se trouve alors essentiellement soumis à des tractions. Au bout de quelques semaines, le tendon est replacé dans sa position initiale et se réfléchit à nouveau. Cette méthode possède l'inconvénient de modifier les rapports du tendon, ainsi, H. Keil (1940) a l'idée de sectionner, tout en le laissant en place, le même tendon au-dessus de sa zone réfléchie. Dans ce cas également, le tendon ne subit plus les pressions et le glissement sur la gouttière rétro-malléolaire. H. Keil poursuit ces expériences en considérant le tendon du muscle fléchisseur commun des orteils d'un chien étroitement enfermé dans une cage, et par conséquent relativement immobilisé, durant quelques mois. Dans ce cas, le tendon est relativement soustrait à l'action du glissement et de la pression. A. Nauck, E. Ploetz et H. Keil comparent alors la morphologie et la structure de ces tendons au niveau de leur surface de réflexion après transplantation, après section et après immobilisation, à celle des mêmes tendons d'animaux témoins : l'aspect « blanc laiteux » de la surface de glissement du tendon normal devient « brillant comme de la nacre » sur le tendon modifié. Sur des coupes longitudinales de ceux-ci, ces Auteurs constatent des modifications structurales qui apparaissent au bout de quelques semaines : ils remarquent que l'épaississement du périténonium externe dans la surface de glissement disparaît progressivement, que les cellules vésiculeuses se raréfient en même temps, et qu'enfin, les faisceaux tendineux parallèles les uns aux autres constituent une seule couche. Inversement, lorsque le tendon transplanté est remis dans sa gaîne, lorsque celui du muscle du chien enfermé est mobilisé, les caractères morphologiques et structuraux initiaux réapparaissent peu à peu. Ainsi la surface de glissement devient mate et d'un blanc laiteux; le périténonium externe qui la recouvre s'épaissit et loge de nombreuses cellules vésiculeuses; une couche de faisceaux tendineux étroitement entrelacés se forme en-dessous du périténonium densifié. Il résulte de ces études que le tendon soumis à la pression et au glissement dans une zone de réflexion présente des particularités anatomiques macroscopiques et microscopiques différentes de celles qui s'observent sur un tendon résistant principalement à des tractions. Cette différence conduit les Auteurs à opposer un tendon dit « de pression » à un tendon dit « de traction », et la transformation réciproque d'un tendon de pression en un tendon de traction est une adaptation de la structure à la fonction.

E. Ploetz (1938), cité par G. Häggqvist (1956), s'intéresse aux tendons de pression. Il réalise des coupes transversales de ceux-ci qu'il observe par transillumination. Il décrit alors trois couches différentes dont la plus superficielle qui glisse dans la poulie est appelée « Polster ».

Le « Polster », correspondant à un épaississement du périténonium externe, se compose de deux parties, l'une superficielle mince, intensément colorée par l'éosine, qui contient plusieurs rangées de cellules fibroblastiques arrondies, l'autre, plus profonde, et plus épaisse, faiblement colorée par l'éosine, formée par l'entrelacement de fibrilles conjonctives qui renferme des cellules « vésiculeuses ». Ces cellules de

taille plus volumineuse donnent à E. Ploetz l'impression de cellules « boursouflées ». En 1955, G. Leutert signale l'existence de cellules géantes (Gleitsehnenriesenzellen) dans le tendon du muscle long péronier latéral de l'homme. Devant le petit nombre de documents relatifs à ce « Polster », trouvé sur les tendons de l'Homme, P. Meyer et H. Sick (1961) le recherchent de façon systématique et en rapportent une description précise. Ce « Polster » qu'ils nomment bourrelet de glissement peut être considéré « comme une disposition qui facilite le glissement des tendons au niveau de leur poulie de réflexion ».

Le bourrelet de glissement recouvre les surfaces de glissement de nombreux tendons, et également les surfaces correspondantes des poulies de réflexion constituées parfois par des ligaments (P. Meyer, H. Sick et E. Grosshans, 1962, 1964).

Poursuivant les recherches de ces Auteurs et les étendant à l'étude des adaptations fonctionnelles des ligaments articulaires, les présentes investigations permettent de retrouver un bourrelet de glissement typique sur des ligaments séparés de tendons, de cartilages, d'os ou d'autres ligaments par un appareil de glissement jusqu'à présent considéré comme une membrane synoviale.

b) *Structure du bourrelet de glissement* – Le bourrelet de glissement est constitué par l'entrecroisement de fibres conjonctives denses appartenant au périligamentum externe. Il est plus épais que le périligamentum banal avec lequel il se continue en dehors de la facette de glissement et semble solidarisé aux faisceaux fibreux sous-jacents. Cet épaississement de tissu conjonctif lâche périligamenteux donne une densité optique spéciale à la préparation, différente de celle d'un ligament dépourvu d'appareil de glissement.

Sur sa face profonde, le bourrelet de glissement reçoit des prolongements conjonctifs lamellaires du périligamentum interne, entourant les faisceaux fibreux de la couche sous-jacente à ce bourrelet. Lorsque la surface de glissement est creusée de fissures, le bourrelet s'interrompt sur chaque berge des fissures. A sa périphérie il se continue progressivement avec la membrane synoviale et en profondeur avec la couche fibreuse sous-jacente sans qu'il soit possible de déterminer une limite précise du bourrelet de glissement par rapport aux formations voisines avec lesquelles il se continue.

Après coloration à l'hémalun-éosine de coupes transversales de 20 à 25 µ d'épaisseur, les cellules du bourrelet se montrent en plus grand nombre que dans le périligamentum externe banal. Cependant la densité cellulaire n'atteint pas celle de la synoviale. Les éléments cellulaires caractéristiques d'un bourrelet de glissement sont : des fibrocytes; des cellules chondroïdes; des cellules géantes.

Les fibrocytes sont les cellules les plus nombreuses dans le bourrelet; leur forme varie d'un bourrelet à l'autre et dans un même bourrelet. Les uns s'aplatissent et s'allongent parallèlement à la surface de glissement pour ressembler à des bâtonnets, les autres se disposent plus ou moins

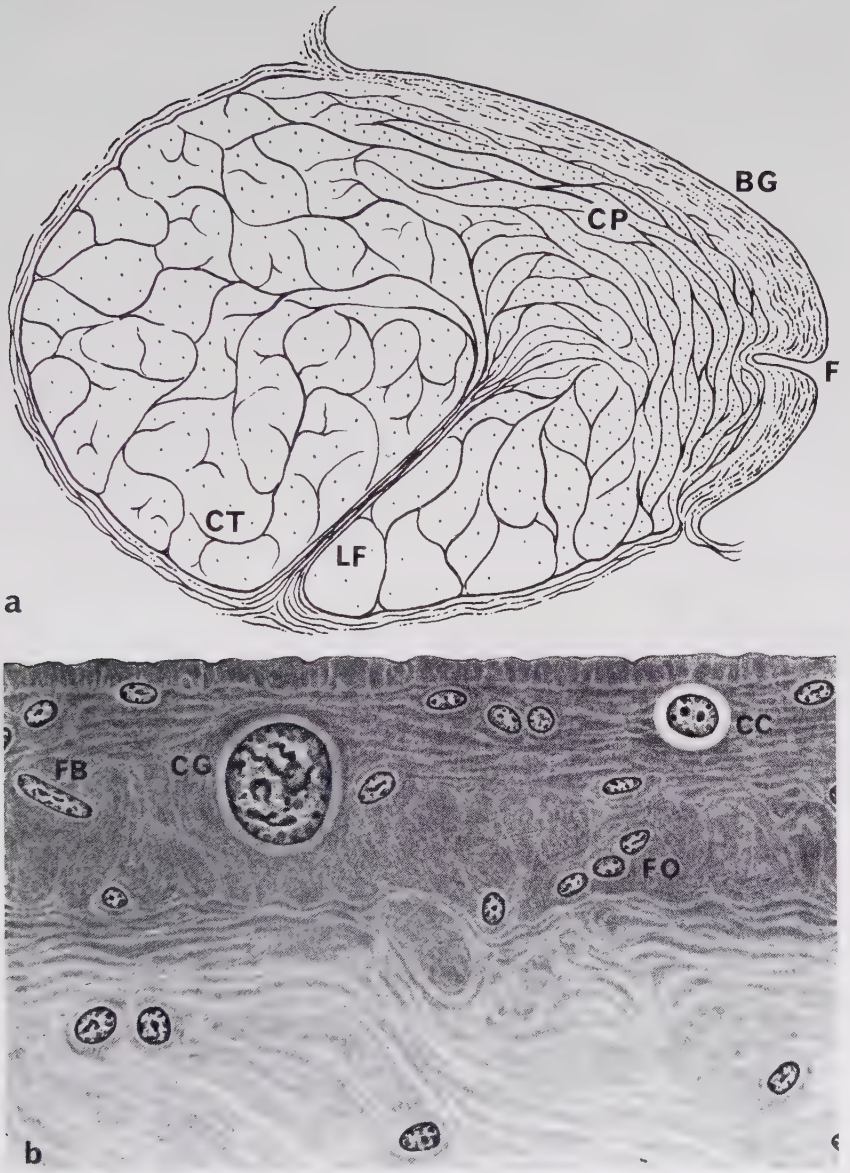


Fig. 1 - a) Schéma d'une coupe transversale d'un ligament adapté au glissement et à la pression qui montre le bourrelet de glissement (BG), la couche de pression (CP), la couche de traction (CT), une lame de fasciculation (LF) et une fissure (F). b) Schéma d'une coupe histologique d'un ligament pourvu d'un bourrelet de glissement. On reconnaît des fibrocytes allongés en forme de bâtonnets (FB) et ovoïdes (FO), une cellule chondroïde (CC) et une cellule géante (CG) disséminées dans une trame conjonctive très dense.

régulièrement et apparaissent arrondis ou ovalaires. Ils sont isolés et se dispersent dans toute l'épaisseur du bourrelet ou bien s'associent en groupes plus ou moins importants (fig. 1, b, FO et FB).

Les cellules chondroïdes sont plus rares que les fibrocytes et de taille sensiblement plus grande. Elles possèdent un noyau arrondi ou ovalaire à chromatine très dense, qui s'entoure d'un double halo clair; le plus interne correspond au cytoplasme et l'autre plus périphérique ressemble à un chondroplaste. Elles se disposent isolément en surface et parfois en profondeur ou bien se réunissent en groupes isogéniques axiaux de deux à six cellules. Ces groupes axiaux s'orientent le plus fréquemment parallèlement à la surface de glissement ou quelquefois perpendiculairement à elle. On remarque également la disposition plus rare en groupes isogéniques coronaires de quatre à six cellules. La présence de ces cellules chondroïdes dans une zone de glissement à même conduit, dans ce cas, à assimiler cette dernière à un fibrocartilage dont les multiples conceptions furent analysées par J. Schaffer (1930). Ces cellules se retrouvent parfois en petit nombre dans la synoviale (fig. 1, b, CC).

Les cellules géantes sont encore moins nombreuses que les cellules chondroïdes. Leur taille représente sensiblement le double ou le triple de celle des fibrocytes. Leur noyau est en général régulièrement ovoïde et contient un réseau chromatinien beaucoup plus lâche que celui des noyaux des autres cellules. La coloration à l'hémalun-éosine laisse le cytoplasme peu apparent. Il n'a pas été possible de mettre en évidence des granulations métachromatiques cytoplasmiques par coloration au bleu de toluidine. Ainsi le problème de leur nature se trouve posé car il ne semble pas qu'elles soient des mastocytes ou des labrocytes malgré certaines analogies qu'elles présentent avec ces dernières (fig. 1, b, CG).

Ayant analysé la disposition et la structure du bourrelet de glissement, il convient à présent d'examiner, parmi les autres structures intrinsèques d'adaptation des ligaments au glissement et à la pression, l'agencement des faisceaux ligamenteux.

2) *L'agencement des faisceaux ligamenteux :*

E. Ploetz (1938) signale une disposition particulière des faisceaux fibreux constituant, le cas échéant, la portion réfléchie d'un tendon et décrit deux couches : l'une supporte le bourrelet, et représente la couche de pression (Druckschicht), l'autre diamétralement opposée au bourrelet est appelée couche de traction (Zugschicht).

a) *La couche de pression* apparaît plus dense et plus homogène que la couche de traction. Elle est formée de faisceaux fibreux très serrés, réunis par des travées de périligamentum interne très amincies. La section transversale de chaque faisceau fibreux a la forme d'un ovale à grand axe parallèle à la surface de glissement, disposition traduisant l'aplatissement des faisceaux parallèlement à cette surface. La couche de pression est plus ou moins développée selon le ligament considéré.

Elle présente son maximum d'épaisseur dans la partie centrale de la facette de glissement alors qu'elle s'amincit à sa périphérie. Chaque fibre collagène constituant les faisceaux de pression s'entoure de fibrocytes régulièrement disposés, arrondis ou allongés; parfois des cellules chondroïdes infiltrent la zone immédiatement sous-jacente au bourrelet (fig. 1, a, CP).

b) *La couche de traction* est parmi les trois couches fibreuses celle qui se situe à l'opposé de la surface de glissement; elle se compose de faisceaux ligamenteux cylindriques sensiblement parallèles entre eux et au grand axe du ligament. Ces faisceaux sont individualisés par des cloisons de tissu conjonctif lâche du périligamentum interne qui peuvent prendre l'aspect d'épaisses lames perpendiculaires à la surface de glissement. Les faisceaux de traction ressemblent ainsi à ceux qui constituent un tendon à trajet rectiligne. Et entre chacune des fibres de collagène qui les composent, s'intercalent des cellules fibroblastiques à noyaux arrondis ou en forme de bâtonnets inclus dans un cytoplasme ramifié (fig. 1, a, CT).

A l'étude de l'agencement des faisceaux ligamenteux s'ajoute maintenant celle des lames de fasciculation.

3) *Les lames de fasciculation :*

Les lames de fasciculation faites de tissu conjonctif lâche naissent de la face opposée à la surface de glissement. Elles pénètrent dans la profondeur du ligament en traversant d'abord la couche de traction, puis semblent se perdre dans la couche de pression. Dans la couche de traction, ces lames se dirigent perpendiculairement à la surface de glissement. Elles peuvent distribuer des lamelles collatérales plus fines qui séparent les faisceaux primaires et secondaires de traction. Les lamelles collatérales relient parfois entre elles les lames de fasciculation. Au niveau de la zone transitionnelle entre couche de traction et couche de pression, les lames de fasciculation changent de direction : elles s'inclinent et s'étalent parallèlement à la surface de glissement avant de se ramifier abondamment dans la couche de pression. Alors qu'elles sont encore épaisses dans la partie profonde de cette couche, elles s'amincissent peu à peu et construisent un réseau très fin dans sa partie superficielle. Elles unissent alors très étroitement entre eux les faisceaux de pression. Lorsque la surface de glissement est parcourue par des fissures, certaines lames rejoignent le fond de la fissure, se ramifient sur ses bords et subdivisent ainsi le ligament en deux ou trois éléments fibreux très distincts (fig. 1, a, LF).

L'étude des lames de fasciculation amène finalement à envisager celle de la fissuration des ligaments comparable à celle des tendons (P. Meyer et H. Sick, 1960).

4) *La fissuration,* disposition inconstante, est réalisée par des sillons creusés dans la face de réflexion des ligaments, et liée à la présence d'une membrane synoviale ou d'une bourse séreuse. Variables en nom-

bre, elles sont inégalement développées et les plus longues sont en général les plus profondes. Ces dernières atteignent alors en profondeur la couche de traction et rejoignent parfois une lame de fasciculation. Leur direction est ordinairement parallèle à l'axe du ligament (fig. 1, a, F); la fissuration des ligaments illustre la loi de fissuration des organes énoncés par H. Rouvière et G. Cordier en 1933 : « Les organes pleins sont normalement divisés partiellement ou en totalité en plusieurs lobes ou segments par des fissures plus ou moins profondes lorsque ces organes sont normalement soumis en partie ou en totalité à des changements notables, rapides et irréguliers, de forme et de volume ou de forme seulement, ou bien lorsqu'ils s'opposent à une paroi fixe, par une partie de leur étendue de forme et de volume constamment variables. » Ces Auteurs citent les exemples d'organes splanchniques comme les poumons et de quelques tendons tels que le tendon du muscle obturateur interne.

A la suite de cette vue d'ensemble, il convient d'examiner successivement les méthodes de travail suivies et les résultats obtenus à la suite de l'étude de différents types de ligaments.

IV. MATERIEL ET METHODES

Le matériel des observations rapportées dans ce travail a été prélevé sur des sujets adultes injectés en vue de la conservation anatomique; tous les ligaments, sauf le ligament transverse de l'atlas, proviennent de membres supérieurs et inférieurs, droits et gauches, sans distinction d'âge, de sexe, de race et de profession. Avant de prélever chaque ligament, un examen rapide et sommaire de la pièce permet d'éliminer tout échantillon manifestement défectueux ou suspect de l'être, la cause principale de l'élimination de certaines pièces pathologiques étant la lésion arthrosique qu'il convient de déceler sur chaque articulation. Pour réaliser la présente étude, 350 ligaments ont été retenus, soit en moyenne 20 échantillons pour un même type de ligament.

L'examen de chaque ligament comprend les trois étapes déjà suivies pour l'étude des tendons (H. Sick, 1964).

Dans un premier temps, le ligament est soigneusement prélevé; ses particularités morphologiques relevées, les pièces les plus démonstratives étant photographiées sous immersion aqueuse.

Dans un second temps, des coupes perpendiculaires à l'axe des fibres du ligament sont réalisées à main levée à l'aide d'un rasoir. Chaque coupe effectuée à des niveaux divers, d'une épaisseur variant entre 50 et 120 μ est examinée par transillumination au stéréomicroscope Zeiss Ces coupes permettent de définir l'architecture générale du ligament et plus spécialement l'agencement de ses faisceaux fibreux constitutifs.

Quelques coupes, parmi les plus minces, sont placées en milieu aqueux entre lame et lamelle et photographiées sous le stéréomicroscope Zeiss muni d'un appareil photographique Exacta Varex.

Le dernier temps comprend l'examen microscopique du ligament. Des coupes, d'une épaisseur de 15 à 20 μ sont effectuées au moyen du microtome à congélation, colorées à l'hémalun-éosine, puis examinées et photographiées au microscope Zeiss Micromat.

V. RESULTATS

Etant données les variations individuelles que présente chaque ligament dans ses structures d'adaptation fonctionnelle, il apparaît artificiel de classer ces dernières selon l'importance de leur développement. Cependant, les exemples les plus démonstratifs et les plus nombreux se rencontrent au niveau du membre inférieur. Il sera donc examiné, d'abord, des ligaments articulaires du membre inférieur, puis quelques autres appartenant aux articulations du membre supérieur, le ligament transverse de l'atlas méritant une description particulière.

A. LIGAMENTS DU MEMBRE INFÉRIEUR

Au niveau du membre inférieur, les ligaments suivants présentent des structures d'adaptation fonctionnelle :

1) Le ligament rond de l'articulation coxo-fémorale;
2) Le ligament zonulaire de l'articulation coxo-fémorale;
3) Le ligament collatéral externe du genou;
4) Le ligament collatéral interne du genou;
5) Les ligaments croisés du genou;
6) Le ligament ménisco-fémoral de Wrisberg;
7) Le ligament antérieur de l'articulation péronéo-tibiale inférieure;
8) Le ligament postérieur de l'articulation péronéo-tibiale inférieure,
9) Le ligament collatéral externe de l'articulation tibio-tarsienne;
10) Le ligament collatéral interne de l'articulation tibio-tarsienne;
11) Le ligament interosseux astragalo-calcanéen;
12) Le ligament de Chopart;
13) Le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur;
14) Le ligament interosseux cunéo-métatarsien de Lisfranc.

1) *Le ligament rond de l'articulation coxo-fémorale* – Ce ligament que l'on désigne improprement sous le nom de ligament rond est en réalité une bandelette conjonctivo-graisseuse aplatie, (fig. 2, b) de 3 cm environ de longueur, située à l'intérieur de la cavité articulaire, qui unit la partie antérieure de la fossette du ligament rond du fémur à l'échancrure ischio-pubienne du cotyle. Sa largeur mesure 0,8 à 1 cm au niveau de l'insertion fémorale et 1,5 cm à son insertion coxale alors que son épaisseur n'atteint que 0,4 cm. Il présente par conséquent deux bords, l'un antérieur, l'autre postérieur, et deux faces, l'une externe fémorale, l'autre interne, coxale, orientée vers le fond du cotyle. La face interne, convexe vers le dedans, répondant au coussinet adipeux de la fosse acétabulaire, est recouverte par une membrane synoviale mince et transparente qui glisse sur le ligament, se déforme à volonté et se laisse facilement détacher. Quelques franges renfermant des lobules graisseux en quantité variable la tapissent et rendent sa surface très irrégulière. La face externe, concave vers le dehors, se moule sur la tête fémorale dont elle balaie les deux tiers inférieurs au cours des mouvements de l'articulation de la hanche. Elle apparaît compacte, lisse, brillante parfois, surtout dans sa moitié supérieure contrastant par ces caractères avec le relief irrégulier de la face opposée. Dans un tiers des cas, quatre à six fissures, comparables à celles décrites au niveau des zones de réflexion de certains tendons, naissent près de son insertion fémorale, s'écartent sensiblement les unes des autres et cheminent parallèlement entre elles et également au grand axe du ligament transverse de l'acetabulum; ces fissures mesurent sensiblement 2 cm de longueur (fig. 2, a, F). Quelquefois, leur direction est différente : partant près du bord antérieur du ligament au niveau de l'insertion fémorale, elles se dirigent obliquement en bas et en arrière vers le bord postérieur du ligament en regard de son extrémité inférieure. Ces fissures sont alors inégalement développées et les plus longues sont en général aussi les plus profondes.

L'observation, par transillumination, de coupes transversales épaisses de 30 à 50 μ laisse apparaître, au niveau du ligament rond, deux régions nettement distinctes : l'une, située en regard de la tête fémorale, essentiellement constituée de tissu conjonctif dense, l'autre cotyloïdienne, de structure conjonctivo-graisseuse lâche. La première de ces zones est elle-même composée de trois couches superposées (H. Sick, E. Grosshans et P. Meyer, 1963) dont la plus superficielle, directement en rapport avec le cartilage articulaire fémoral, correspond au bourrelet de glissement, la seconde à la couche de pression et la plus profonde à la couche de traction (fig. 2, c).

Le bourrelet de glissement se compose de tissu périligamenteux très densifié adhérant à la couche de pression. Celle-ci représente environ le quart de l'épaisseur du ligament; elle se compose de faisceaux aplatis parallèlement à la surface fémorale et réunis entre eux par de minces cloisons issues de lames de fasciculation. La couche de traction est faite de faisceaux plus lâches et plus espacés entre eux car les ramifications de périligamentum interne y sont épaisses; elle est traversée

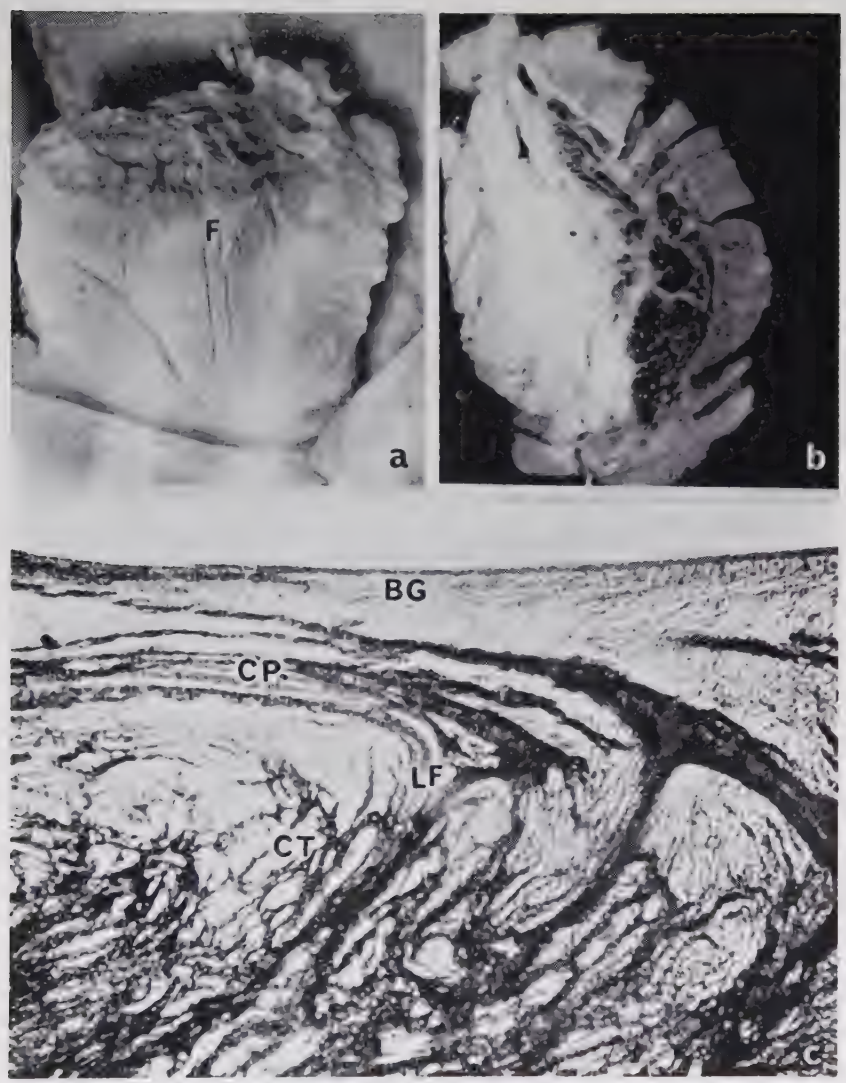


Fig. 2 - a) Photographie de la face fémorale du ligament rond du fémur montrant quelques fissures (F). b) Photographie d'une coupe transversale épaisse de ce même ligament. c) Photographie d'une coupe transversale mince du ligament rond de l'articulation coxo-fémorale vue par transillumination. On remarque l'existence d'un bourrelet de glissement (BG), d'une couche de pression (CP), d'une couche de traction (CT) et de lames de fasciculation (LF) (× 30).

par trois à cinq lames de fasciculation parallèles au grand axe du ligament, qui partent de la zone conjonctivo-graisseuse et se dirigent perpendiculairement à la surface de glissement. Lorsqu'elles pénètrent dans la couche de pression, ces lames s'épanouissent en de nombreux rameaux qui s'inclinent et s'étalent parallèlement au bourrelet.

Après coloration à l'hémalun-éosine, le bourrelet de glissement apparaît infiltré de fibroblastes, les uns en forme de bâtonnets allongés parallèlement à la surface de contact du ligament, les autres ovalaires (fig. 3, a). Des celules chondroïdes, caractérisées par leur halo clair,

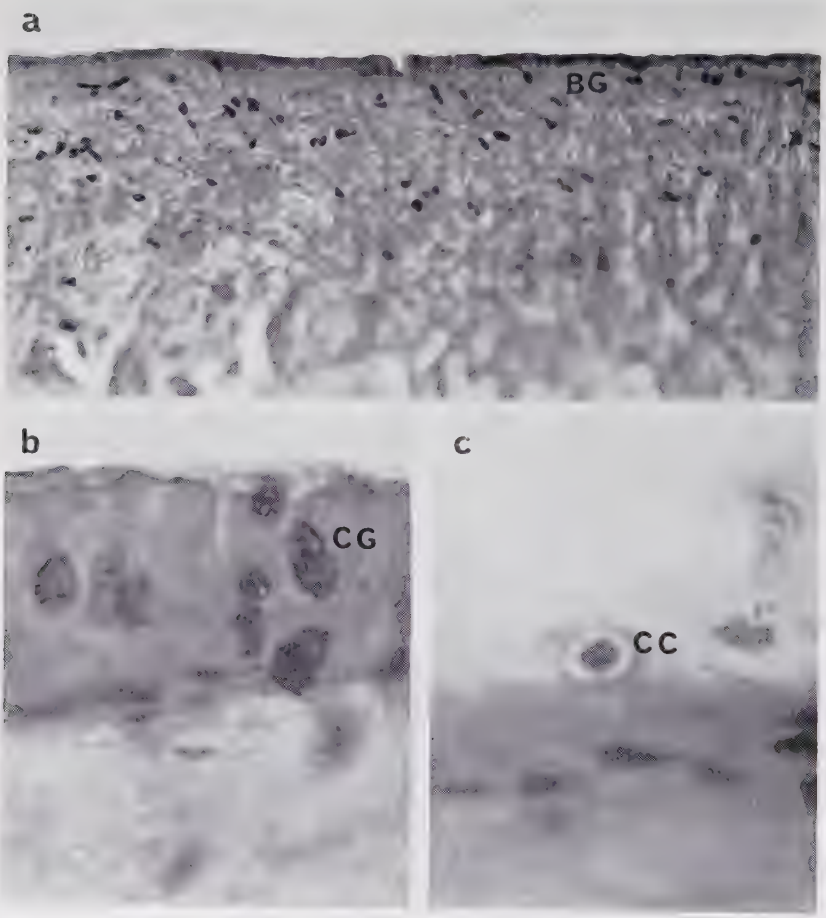


Fig. 3 - a) Microphotographie d'une coupe transversale du ligament rond où apparaît un bourrelet de glissement (BG) (× 570). b) Microphotographie du bourrelet de glissement de ce même ligament. On y reconnaît une cellule géante (CG) (× 1 100). c) Une cellule chondroïde (CC) se dispose également dans ce bourrelet (× 1 760).

sont plus rares puisqu'on n'en repère qu'une pour trente fibrocytes (fig. 3, c, CC). Les cellules géantes sont encore plus rares (fig. 3, b, CG). Lorsque le ligament est fissuré, le fond des fissures est tapissé par la synoviale. Les berges des fissures, ainsi que les bords des deux faces du ligament montrent une transition graduelle du bourrelet vers la synoviale. Le ligament rond de l'articulation coxo-fémorale possède des structures qui apparaissent comme des adaptations fonctionnelles au glissement et à la pression. Sa face fémorale présente un bourrelet de glissement formé aux dépens du périligamentum externe et caractérisé par des cellules fibroblastiques, chondroïdes et géantes. La fissuration inconstante faite de sillons plus ou moins profonds illustre la loi de fissuration des organes. Adapté au glissement sur sa face fémorale, il l'est également sur sa face coxale grâce au revêtement synovial qu'il possède. L'agencement des faisceaux fibreux et la présence des lames de fasciculation de la couche conjonctivo-graisseuse sont des structures adaptées à la pression et à la traction que subit le ligament rond au cours des mouvements de la hanche.

2) *Le ligament zonulaire de l'articulation de la hanche* – Ce ligament encore appelé ligament annulaire ou zone orbiculaire de la capsule est un faisceau de renforcement capsulaire dont les fibres s'enroulent autour du col fémoral. Ce faisceau, régulièrement courbe, contient des fibres de deux ordres : les unes, à insertion osseuse, se détachent du sourcil cotyloïdien, et viennent s'y terminer sur un point plus ou moins rapproché de celui où elles ont pris naissance, cravatant en quelque sorte le col du fémur; les autres forment des anneaux complets dirigés parallèlement au bourrelet cotyloïdien dans la profondeur de la capsule.

Ce ligament zonulaire n'est visible qu'à l'ouverture de la cavité articulaire sur la face profonde de la capsule où sa partie postéro-inférieure fait saillie tandis que les ligaments longitudinaux de l'articulation de la hanche recouvrent sa face superficielle. Son origine apparente se situe près du bord postérieur du ligament pubo-fémoral en bas; puis il remonte en arrière du col et se termine apparemment en haut et en avant près du bord inférieur du faisceau ilio-prétrochantérien du ligament ilio-fémoral. Sa longueur mesure environ 8 cm, sa largeur 0,5 à 1 cm et son épaisseur 0,2 à 0,3 cm. Il contribue d'une façon particulière, et dans certains mouvements de la jointure, au maintien des surfaces articulaires. Selon H. Rouviere (1962 b), « dans l'extension, la tête fémorale tend à se dégager du cotyle en avant et sa base se rapproche du ligament annulaire; de plus, elle refoule en avant et en dedans le faisceau ilio-prétrochantinien; celui-ci entraîne avec lui le ligament annulaire qui se déplace dans le même sens et s'applique en l'enserrant autour de la base de la tête fémorale ». Ces mouvements fréquemment répétés entraînent le déplacement du ligament zonulaire par rapport au col fémoral. La surface de glissement de ce ligament, saillante à l'intérieur de la capsule, détermine une empreinte sur le col fémoral. Cette surface ligamenteuse, dense, lisse et brillante surtout

dans sa région inférieure et postérieure, ne montre pas de fissures; elle est fortement convexe vers le col fémoral dans sa partie moyenne, mais s'aplatit à ses extrémités. A la coupe transversale, la surface de glissement est longée par deux bords circonférentiels : le bord interne se détache de la face profonde de la capsule dont il est souvent séparé par un récessus synovial ou bien se continue avec elle en créant une gouttière plus ou moins profonde; le bord externe au contraire, se continue régulièrement avec la capsule et la synoviale. Toute cette surface est recouverte dans la moitié des cas d'un bourrelet de glissement (fig. 4, a, BG). Lorsque le bourrelet est absent, il est remplacé par un revêtement synovial simple. Le bourrelet résulte de la densification du tissu périligamenteux où sont inclus des fibrocytes, des cellules chondroïdes et des cellules géantes (fig. 4, b, BG).

Les fibrocytes ont un noyau le plus fréquemment allongé parallèlement à la surface de glissement. Ils se disposent en files plus ou moins longues dans la profondeur ou la superficie du bourrelet (fig. 4, c, FO et FB). A la périphérie, ils se raréfient, deviennent plus superficiels dans une trame plus lâche et le bourrelet ressemble alors à la synoviale pauvre en cellules. Des cellules chondroïdes isolées ou groupées par deux dans une même logette, s'associent à quelques cellules géantes pour caractériser ce bourrelet (fig. 4, c, CC). Les cellules chondroïdes se rencontrent dans la zone qui est macroscopiquement la plus dense et la plus lisse. Aux extrémités et sur les bords, elles sont exceptionnelles.

Que la surface de glissement soit revêtue ou non d'un bourrelet, les faisceaux ligamenteux s'organisent toujours en une couche de pression et une couche de traction. La première, sous-jacente au bourrelet ou au conjonctif sous-synovial rassemble des faisceaux de pression typiques et occupe le quart de l'épaisseur du ligament (fig. 4, a, CP). Entre chaque faisceau s'insinue une lamelle de périligamentum interne mince, orientée parallèlement à la surface de glissement et la rejoignant quelquefois. Cette couche apparaît à la transillumination beaucoup plus dense et homogène que la couche de traction sur laquelle elle repose.

La couche de traction (fig. 4, a, CT), beaucoup plus épaisse puisqu'elle comprend les trois quarts de l'épaisseur de la zone orbiculaire, se compose de faisceaux de traction cylindriques de taille inégale, allongés les uns à côté des autres. Ils sont individualisés par des lames conjonctives lâches issues de lames de fasciculation, venues de la partie du ligament la plus éloignée du bourrelet ou de noyaux conjonctifs situés dans cette couche de traction (fig. 4, a, LF).

En effet, trois à cinq lames de fasciculation naissent de la face du ligament opposée au bourrelet, remontent entre les faisceaux de traction à peu près perpendiculairement à ce bourrelet, s'inclinent parallèlement à lui dans la couche de pression et s'épanouissent à ce niveau en maintes branches secondaires. Ces branches fuient vers le bord interne, mais surtout vers le bord externe du ligament zonulaire près de l'insertion cervicale de la capsule. D'autres lames moins bien structurées, partent

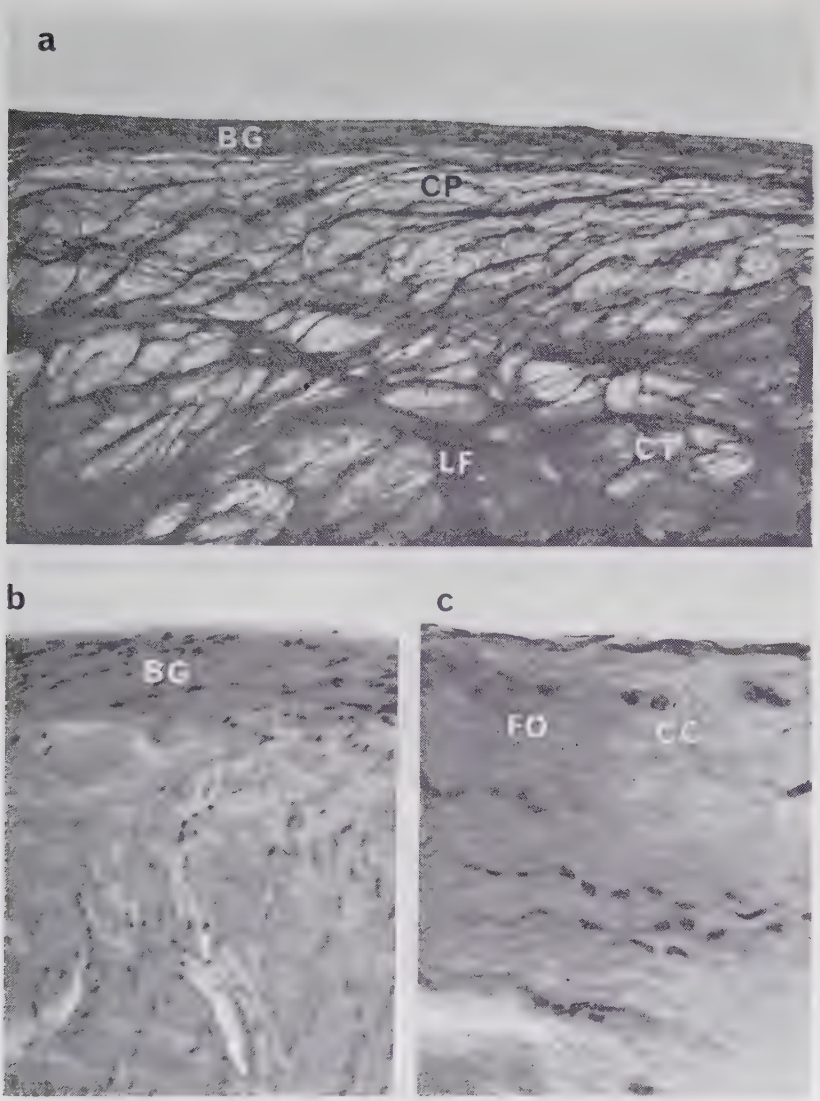


Fig. 4 - a) Photographie d'une coupe transversale du ligament zonulaire de l'articulation coxo-fémorale vue par transillumination, montrant un bourrelet de glissement (BG), une couche de pression (CP), une couche de traction (CT) et des lames de fasciculation (LF) (× 20). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) de ce même ligament (× 175). c) Microphotographie du bourrelet de glissement du ligament zonulaire montrant une cellule chondroïde (CC), des fibrocytes allongés (FB) et ovalaires (FO) (× 440).

de la face du ligament qui s'oppose au bourrelet et se divisent de la même manière.

3) *Le ligament collatéral externe du genou* – Le ligament collatéral externe de l'articulation du genou est surcroisé dans sa partie inférieure par le tendon du muscle biceps fémoral. Ces deux éléments fibreux contractent des rapports assez étroits pour qu'une bourse séreuse soit interposée entre la face interne du tendon et la face externe ainsi que le bord antérieur du ligament. A l'ouverture de cette bourse séreuse, le ligament se présente sous la forme d'une cordelette fibreuse aplatie du dehors vers le dedans. La facette ainsi déterminée, haute de 12 à 15 mm, large de 3 mm, s'étend sur la face externe et le bord antérieur du ligament sans atteindre toutefois le bord postérieur de ce dernier. Cette facette est particulièrement dense, lisse, compacte, brillante, et contraste avec la partie extra-synoviale rugueuse, striée et faiblement fasciculée de ce ligament. Dans un cas sur dix environ, une fissure longitudinale parcourt ce ligament. Cette fissure peu profonde, se situe dans la partie moyenne de la facette de glissement et s'étend sur toute la hauteur de la bourse synoviale. Elle est visible sur des coupes transversales du ligament qui montrent en outre un bourrelet de glissement, une couche de pression, une couche de traction et des lames de fasciculation (fig. 5, a).

La couche de pression, comprise entre le bourrelet et la couche de traction, est constituée de faisceaux denses, aplatis transversalement, dont la section a la forme d'un ovale à grand axe parallèle à la surface de glissement. Les fines lamelles de tissu conjonctif lâche qui les individualisent, se dispersent parallèlement à cette surface. La couche de pression occupe sensiblement le tiers antéro-externe de l'épaisseur du ligament. En arrière et à l'intérieur d'elle la plus grande partie du ligament est constituée par des faisceaux ligamenteux cylindriques représentant la couche de traction. Celle-ci est parcourue par deux à quatre lames de fasciculation qui naissent de la face interne du ligament ou près de son bord postérieur, se dirigent généralement vers le dehors et l'avant, perpendiculairement au bourrelet de glissement. Elles gagnent, après avoir traversé la couche de traction, la zone profonde de la couche de pression où elles changent de direction et se terminent par des ramifications interfasciculaires plus ou moins nombreuses. Cependant, dans quelques cas de ligaments très aplatis, les lames partent du bord postérieur et se dirigent vers le bord antérieur parallèlement aux faces interne et externe du ligament. Dans quelques cas enfin, ces lames naissent d'un noyau de tissu conjonctif lâche situé dans la profondeur de la couche de traction.

Le bourrelet de glissement (fig. 5, b, BG), élément le plus superficiel de la surface en contact avec le tendon, est constitué par du tissu conjonctif très dense. Il s'étend sur la partie du ligament comprise à l'intérieur de la bourse et occupe donc la face externe et le bord antérieur du ligament. Les fibrocytes arrondis ou ovalaires qui l'infiltrent se dispersent régulièrement dans toute son épaisseur. Ils diffèrent par leur

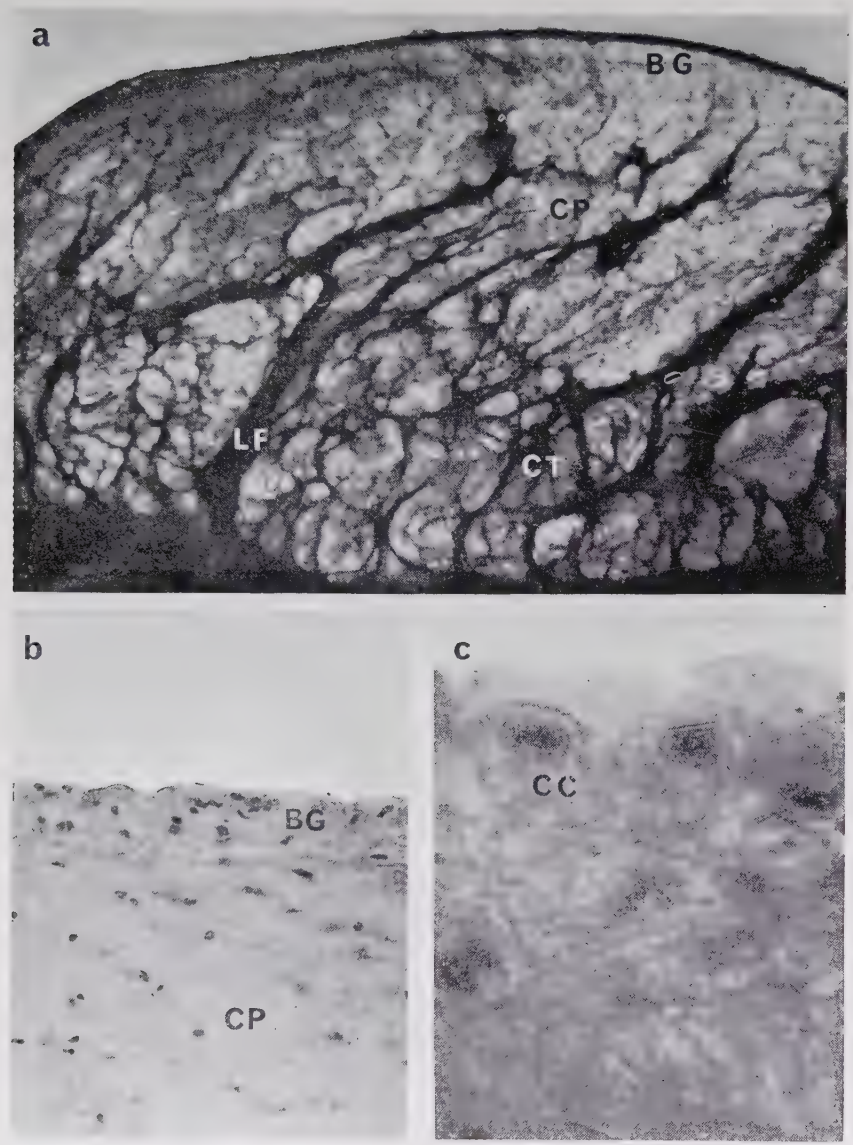


Fig. 5 - a) Photographie d'une coupe transversale du ligament collatéral externe du genou en regard du tendon du muscle biceps fémoral, montrant un bourrelet de glissement (BG), une couche de pression (CP), une couche de traction (CT) et des lames de fasciculation (LF) (× 30). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) du ligament collatéral externe du genou dont la densité cellulaire est plus grande que celle de la couche de pression (CP) sous-jacente (× 570). c) Microphotographie de ce même bourrelet; on y remarque deux cellules chondroïdes (CC) (× 2 200).

forme et leur disposition de ceux de la profondeur qui s'allongent et s'alignent volontiers les uns au bout des autres par dizaines dans une direction centrifuge perpendiculaire au bourrelet. Les cellules chondroïdes y sont relativement nombreuses surtout au niveau du bord antérieur du ligament (fig. 5, c, CC). Les cellules géantes se rencontrent plus rarement.

Dans son tiers supérieur, le ligament collatéral externe du genou surcroise le tendon du muscle poplité. Entre le ligament et le tendon s'interpose dans la majorité des cas une petite bourse séreuse. Lorsque celle-ci est absente, du tissu conjonctif lâche sépare les deux éléments en contact et permet le glissement de l'un par rapport à l'autre. A l'ouverture de la bourse, la surface de glissement, haute d'environ 1 cm ne présente pas les caractères de densité et de couleur rencontrés sur la facette bicipitale du même ligament. A l'observation par transillumination, chaque coupe transversale réalisée à ce niveau montre une couche de traction superficielle et une couche de pression profonde ainsi que des lames de fasciculation. La couche de traction est comparable à celle que l'on observe dans un tendon. La superposition de faisceaux ligamenteux aplatis occupant sensiblement le cinquième de l'épaisseur du ligament, forme la couche de pression. La densité des faisceaux de cette couche est moins grande que celle des faisceaux de pression de la facette bicipitale. Les lames de fasciculation, au nombre de trois à six, pénètrent par la face supérieure du ligament dans la couche de traction, en émettant de nombreux rameaux collatéraux et se dirigent directement vers la couche de pression où ils deviennent parallèles à la suface de glissement. Cet agencement des faisceaux fibreux est constant et n'est pas lié à la présence de la bourse. Lorsque la bourse existe, la facette comprise à l'intérieur d'elle est recouverte d'un bourrelet de glissement peu typique, comparable à la synoviale pauvre en cellules décrite par I. Hammar.

4) *Le ligament collatéral interne du genou* – Le ligament collatéral interne du genou, véritable épaississement de la capsule (Ph. Bellocq, 1957) dont il se dégage à ses deux extrémités, s'attache en haut sur la tubérosité du condyle interne du fémur où il laisse son empreinte et, se portant obliquement en bas et en avant, se termine sur la face interne du tibia tout près de l'insertion des muscles de la patte d'oie. Aplati, d'une longueur de 10 à 12 cm, il comprend deux parties : l'une, principale antérieure, est faite de fibres fémoro-tibiales qui croisent le ménisque interne; l'autre, accessoire postérieure, beaucoup plus mince, se compose de fibres fémoro-méniscales et de fibres tibio-méniscales qui, se portant progressivement vers l'arrière sur le ménisque, dessinent un triangle dont le bord postéro-inférieur surcroise le tendon réfléchi du muscle demi-membraneux, s'incurve au-dessus de lui, et en quelque manière, le cravate. Le ligament collatéral interne est séparé en haut du condyle fémoral par une petite bourse séreuse. Une seconde bourse séreuse s'intercale entre ce ligament et la tubérosité interne du tibia. Enfin, il est en rapport par sa face profonde avec le tendon réfléchi du

demi-membraneux en arrière, et par sa face superficielle avec les tendons des muscles de la patte d'oie qui recouvrent son extrémité inférieure. Il existe toujours entre le ligament et ces tendons des bourses séreuses. Le ligament présente des structures d'adaptation fonctionnelle disposées à l'intérieur de ces bourses, en regard du condyle interne du fémur, du tibia, des tendons des muscles demi-membraneux et de ceux de la patte d'oie. Il convient d'examiner successivement la structure du ligament à ces différents niveaux.

a) *le ligament collatéral interne en face du condyle interne du fémur* – L'ouverture de la bourse séreuse presque toujours interposée entre le condyle fémoral et la face profonde du ligament, révèle une facette ovalaire qui mesure environ 1 cm de largeur et 1,5 à 2 cm de hauteur. Sa surface, brillante, plane, laisse apparaître de fines plicatures verticales dont l'une d'entre elles se distingue par sa plus grande profondeur et ressemble à une fissure. L'étude des coupes transversales de cette facette révèle, à la transillumination, un agencement spécial des faisceaux qui s'écartent dans les trois quarts des cas du dispositif typique décrit plus haut avec les structures intrinsèques d'adaptation des ligaments au glissement et à la pression. En effet, la couche de pression manque communément, alors que les faisceaux de la couche de traction se présentent sur des sections transversales tels des ovales dont le grand diamètre de chacun d'eux est perpendiculaire à la surface de glissement, cependant que le petit diamètre est parallèle à cette dernière.

Cette disposition traduit une sorte d'aplatissement des faisceaux d'avant en arrière. Il convient d'observer que les faisceaux étayant la surface de glissement sont en général moins aplatis que ceux qui sont proches de la face superficielle du ligament. Huit à douze lames de fasciculation partent de cette face superficielle pour atteindre la surface de glissement en distribuant de nombreuses lamelles secondaires. Dans un quart des cas seulement, on distingue ensemble une couche de pression et une couche de traction. La couche de pression (fig. 6, a, CP) est toutefois peu développée et constituée par deux à cinq plans superposés de faisceaux aplatis parallèlement à la surface de contact du ligament; une dizaine de lames de fasciculation (fig. 6, a, LF), traversent la couche de traction, se courbent presque à angle droit pour rester parallèles à la surface de glissement dans la couche de pression. Leurs branches terminales, beaucoup plus fines, atteignent plus ou moins obliquement la surface recouverte par un périligamentum et par la zone correspondante de la paroi de la bourse séreuse représentant un véritable feuillet synovial. Elles enveloppent les faisceaux de pression et semblent leur permettre de mieux se déplacer l'un par rapport à l'autre. Dans tous les cas, à l'aide d'une pince, on réussit à décoller une membrane recouvrant la surface de glissement et se continuant avec la bourse séreuse qui l'entoure.

La coloration confirme la nature synoviale de cette membrane qui repose sur une mince couche de périligamentum externe. Ainsi, l'ana-

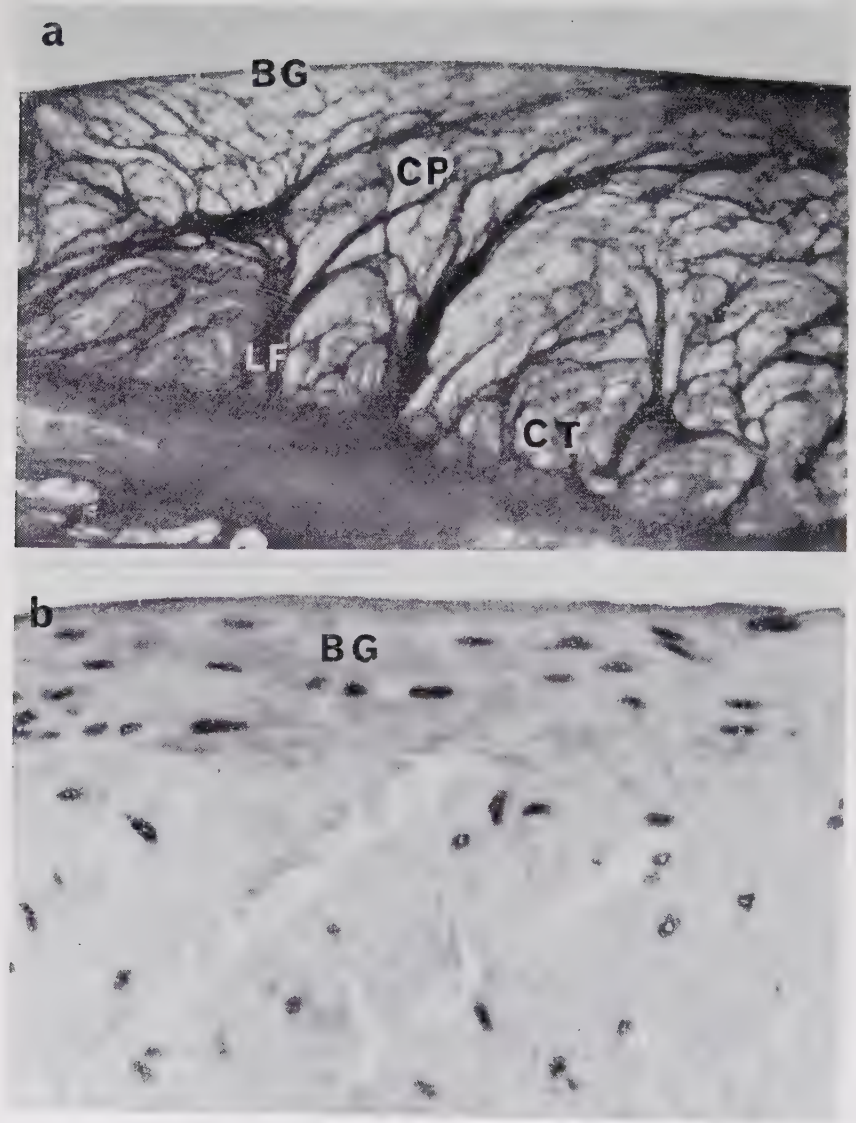


Fig. 6 - a) Photographie d'une coupe transversale du ligament collatéral interne du genou en face du condyle fémoral, montrant un bourrelet de glissement (BG), une couche de pression (CP), une couche de traction (CT) et des lames de fasciculation (LF) (× 35). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) qui revêt le ligament collatéral interne au niveau du rebord interne du plateau tibial (× 315).

lyse structurale du ligament collatéral interne du genou en face du condyle fémoral, décèle l'existence d'un appareil de glissement, souligne la rareté d'une couche de pression et montre, dès lors, que le ligament est essentiellement soumis au glissement et à la traction bien davantage qu'aux pressions.

b) *Le ligament collatéral interne en face du tibia* – L'ouverture de la bourse constamment interposée entre le faisceau fémoro-tibial du ligament et le rebord interne du plateau tibial, découvre une facette d'aspect comparable à la précédente. Cette facette mesure 1,5 cm de hauteur et 1 cm de largeur en moyenne. Elle apparaît lisse, peu dense, brillante, parcourue de fines plicatures verticales dont une ou deux se dessinent plus nettement. Elle peut se continuer avec la facette supérieure précédemment décrite lorsque les deux bourses séreuses communiquent en regard de la partie médiale du ménisque interne. Semblable à la facette condylienne par sa morphologie, elle n'en diffère pas davantage par sa structure puisqu'elle présente toujours une couche de pression, une couche de traction, des lames de fasciculation, et parfois un bourrelet de glissement en fait, peu typique.

La surface de glissement est tapissée par la synoviale que représente la paroi de la bourse séreuse, mais en certains endroits, un bourrelet peu développé la remplace. Ce bourrelet contient des fibroblastes dont les noyaux en forme de bâtonnets allongés parallèlement à la surface se disposent les uns au bout des autres très superficiellement comme dans la synoviale pauvre en cellules de I. Hammar (fig. 6, b, BG).

La couche de pression, sous-jacente à ce bourrelet ou à la synoviale, occupe la moitié de l'épaisseur du ligament. Ses faisceaux constitutifs, aplatis parallèlement à la surface de contact sont étroitement réunis entre eux par des feuillets conjonctifs lâches, amincis, provenant de lames plus profondes.

La couche de traction occupe l'autre moitié, périphérique, du ligament. Ses faisceaux cylindriques sont séparés par des prolongements collatéraux arciformes des lames conjonctives de fasciculation.

Ces lames au nombre de huit à quinze, naissent de la face opposée à la surface de glissement, se dirigent perpendiculairement à celle-ci dans la couche des faisceaux de traction, mais parallèlement à elle, dans la couche des faisceaux de pression pour s'y ramifier abondamment. Chaque rameau à disposition arciforme en rejoint un autre, voisin, pour former un réseau de mailles conjonctives lâches, très fines. En l'absence de bourrelet, la plupart d'entre elles, rejoignent le périligamentum externe sous-synovial de la facette.

c) *La gouttière du tendon réfléchi du muscle demi-membraneux* – Le faisceau de fibres tibio-méniscales du ligament collatéral interne du genou contribue à former un tunnel de 1 à 1,5 cm de long qui conduit le tendon réfléchi du muscle demi-membraneux à son insertion tibiale. Ce tunnel ostéo-fibreux comprend une paroi osseuse qui en constitue le quadrant profond et inférieur, véritable gouttière creusée dans la mar-

ge infra-glénoïdale interne du plateau tibial et une paroi ligamenteuse qui forme la moitié superficielle et le quadrant supérieur profond de ce tunnel ostéo-fibreux. En effet, les fibres tibio-méniscales, après s'être réfléchies au-dessus du tendon, se dirigent horizontalement vers l'arrière puis vers le bas pour rechercher la face périphérique du ménisque interne où elles se terminent; l'axe du faisceau ligamenteux oblique ascendant croise à angle aigu celui de la coulisse ostéo-fibreuse. En effet, celle-ci s'oriente obliquement vers l'avant et le bas tout en décrivant une courbe qui épouse le rebord interne du plateau tibial. Le tendon se meut dans cette gouttière à l'aide d'une gaîne synoviale. A l'ouverture de cette gaîne, la surface du ligament est concave vers le bas et le dehors. Elle est dense, lisse et brillante, en particulier dans la partie correspondant au fond de la gouttière qui reçoit le tendon. Le ligament, à ce niveau, présente plusieurs dispositions architecturales qui sont considérées comme des adaptations fonctionnelles.

Le bourrelet de glissement est formé d'une épaisse couche fibreuse renfermant des fibroblastes nombreux, de très rares cellules chondroïdes et quelques cellules géantes. Il présente son développement maximal au fond de la gouttière et se prolonge par le feuillet pariétal de la synoviale annexée au tendon.

La couche de pression sur laquelle le bourrelet repose, s'étend aux deux tiers de l'épaisseur du ligament. C'est une couche très dense et très homogène où il est délicat de distinguer les divers faisceaux qui la constituent.

La couche de traction est formée par la réunion de faisceaux semblables à ceux d'un tendon à trajet rectiligne; chacun des faisceaux, cylindrique, s'entoure de tissu conjonctif lâche appartenant au périligamentum interne.

Les quatre à huit lames de fasciculation qui partent de la surface opposée au bourrelet sont épaisses et très courtes. Elles se divisent aussitôt dans la couche de traction et dans la partie profonde de la couche de pression en lamelles plus étroites à disposition arciforme; ces ramifications ne traversent pas la couche de pression.

La fissuration est exceptionnelle. Elle a été rencontrée une seule fois. Le ligament possédait deux fissures longues de 2 cm disposées obliquement dans l'axe des fibres tibio-méniscales; ces fissures prenaient leur origine au fond de la concavité de la gouttière fibreuse et descendaient jusque vers les fibres fémoro- tibiales.

d) *Le ligament collatéral interne en face de la patte d'oie* – L'extrémité inférieure du ligament collatéral interne du genou se fixe à la partie supérieure de la face interne du tibia ainsi que sur son bord interne. Les fibres profondes se fixent plus haut que les fibres superficielles. Le ligament, à cet endroit, est rubanné; mince et large, il est très fortement adhérent au périoste. Sa face superficielle, recouverte par les tendons des muscles couturier, droit interne et demi-tendineux qui la croisent obliquement, glisse sur ces derniers à l'aide d'une bourse constante. A l'ouverture de cette bourse, on découvre une facette liga-

menteuse de forme sensiblement ovalaire, convexe vers le dedans, d'une très grande densité et de couleur blanc-nacré particulièrement brillante; elle mesure en moyenne 3 cm de hauteur et 1 à 1,5 cm de largeur.. Elle est toujours striée de fines plicatures longitudinales parallèles; un seul exemple a montré deux fissures obliques vers le bas et l'arrière qui s'étendent sur toute la hauteur de la facette et la débordent en haut.

L'étude des coupes transversales prouve l'existence de structures d'adaptation fonctionnelle; le ligament possède un bourrelet de glissement, une couche de pression, une couche de traction et des lames de fasciculation.

Le bourrelet de glissement, prédominant au centre de la facette, est formé de l'épaississement et de la densification plus ou moins accentuée du périligamentum externe. Il est infiltré de fibrocytes, de cellules chondroïdes et de cellules géantes. Les fibrocytes se répartissent régulièrement dans le bourrelet ou se groupent en amas électivement placés aux points de jonction des lamelles de périligamentum interne avec le bourrelet. Ils peuvent aussi dans certains cas aligner superficiellement leurs noyaux en forme de bâtonnets sur deux ou trois colonnes superposées. Dans de tels cas, le bourrelet, pauvre en cellules chondroïdes et géantes, est peu développé.

Que la facette soit fissurée ou non, elle repose toujours sur une couche de pression qui elle-même prend appui sur une couche de traction. La couche de pression représente la moitié de l'épaisseur du ligament. Elle apparaît très dense et grandement homogène; ses faisceaux constitutifs serrés sont unis par de fines lamelles conjonctives. Toutefois, quelques lames plus importantes, rejoignent la surface de glissement. La couche de traction, faite de l'association de faisceaux fibreux cylindriques, représente l'autre moitié de l'épaisseur du ligament. Des axes conjonctifs lâches s'élèvent de la face osseuse du ligament, franchissent cette couche obliquement ou perpendiculairement à celle-ci. Ces axes, de nombre, de situation et d'importance variables, pénètrent plus ou moins profondément dans la couche de pression où ils émettent des cloisons courtes et très fines; ces prolongements prennent en général une direction oblique, puis parallèle à la surface de glissement, se rapprochent d'elle et peuvent même l'atteindre. Dans quelques cas seulement, les axes conjonctifs sont remplacés par des lames de fasciculation bien structurées.

5) *Les ligaments croisés du genou* – Le ligament croisé antéro-externe, tendu entre la face préspinale du tibia et la face axiale du condyle fémoral externe, et le ligament postéro-interne reliant la surface rétrospinale du tibia à la face axiale du condyle fémoral interne se croisent ensemble dans les sens antéro-postérieur, transversal et vertical. Ils sont toujours séparés par une bourse séreuse interligamentaire ou par un prolongement de la synoviale articulaire du genou. Ces ligaments, qui peuvent être considérés comme des ligaments latéraux de chaque articulation condylo-tibiale, ont leur face antérieure revêtue par la synoviale articulaire. Etant donnés les rapports étroits qui existent

d'une part, entre les deux ligaments croisés, et d'autre part, entre chacun de ces ligaments et le rebord interne des condyles, ces ligaments sont soumis au glissement, à la pression, à la traction et à la torsion au cours de la mobilisation de l'articulation fémoro-tibiale.

a) *Le ligament croisé antéro-externe* est croisé dans la zone médiane de sa face postérieure par le ligament postéro-interne et par le ligament ménisco-fémoral de Wrisberg. Entre le ligament antéro-externe et les éléments qui le croisent en arrière, s'interpose une bourse séreuse quelquefois maintenue à distance du ligament antérieur par une couche variable de tissu conjonctivo-graisseux. Lorsque ce tissu adipeux est absent, un bourrelet de glissement peu important, contenant des fibroblastes, des cellules chondroïdes et des cellules géantes rares, tapisse la surface du ligament comprise à l'intérieur de la bourse (fig. 7, a et b, BG). Cette surface légèrement déprimée en une gouttière d'aspect plus dense, plus lisse et plus brillant que ne l'est la surface du ligament en dehors de la bourse, couvre une superficie d'environ 1 cm^2 exceptionnellement striée par de petites fissures peu étendues. A sa périphérie, le bourrelet se continue progressivement avec la synoviale.

L'analyse de la forme des faisceaux sous-jacents au bourrelet est délicate en raison de la laxité du tissu conjonctif d'union de ces faisceaux et des directions multiples qu'ils prennent. En effet, les fibres ligamenteuses ont une orientation spiralée : les fibres antérieures et internes en bas deviennent postérieures et externes en haut, tandis que les fibres postérieures et externes en bas deviennent antérieures et internes en haut. La confrontation de plusieurs coupes transversales de groupes de faisceaux permet de décrire une couche de pression et une couche de traction présentes dans tous les cas. La couche de pression est très peu développée puisqu'elle n'occupe tout au plus que le quart de l'épaisseur du ligament. Ses faisceaux à section ovalaire discrètement aplatie parallèlement au bourrelet de glissement, sont séparés les uns des autres par d'importantes cloisons de tissu conjonctif lâche interfasciculaire.

La couche de traction constitue le reste de l'épaisseur du ligament, et ses faisceaux se déplacent les uns par rapport aux autres, grâce à de volumineuses lames de périligamentum interne qui naissent de la face antérieure sous-synoviale ou du bord externe du ligament. Ces lames, inconstantes, se dirigent vers la surface de glissement, mais prennent rapidement une direction qui lui est parallèle. Elles émettent des rameaux très importants qui enveloppent les faisceaux fibreux de traction et de pression.

Au cours des mouvements de l'articulation du genou, le ligament croisé antéro-externe glisse par l'intermédiaire de la synoviale sur le rebord interne du cartilage articulaire du condyle fémoral externe. Il se développe quelquefois, dans la région supéro-externe du ligament, une facette lisse et brillante plus ou moins bien différenciée du reste de la surface ligamentaire. Un bourrelet de glissement, riche en fibrocytes, pauvre en cellules chondroïdes et géantes, revêt cette surface dont la

forme très variable rend aléatoire une description d'ensemble. Ce bourrelet existe dans 25% des cas; lorsqu'il fait défaut, la synoviale, en cette zone, s'appauvrit en cellules. Les faisceaux fibreux sous-jacents forment une couche de pression typique toujours réduite. Un seul ligament parmi l'ensemble des pièces examinées était pourvu de faisceaux aplatis perpendiculairement à la surface de contact, faisceaux qui s'apparen-

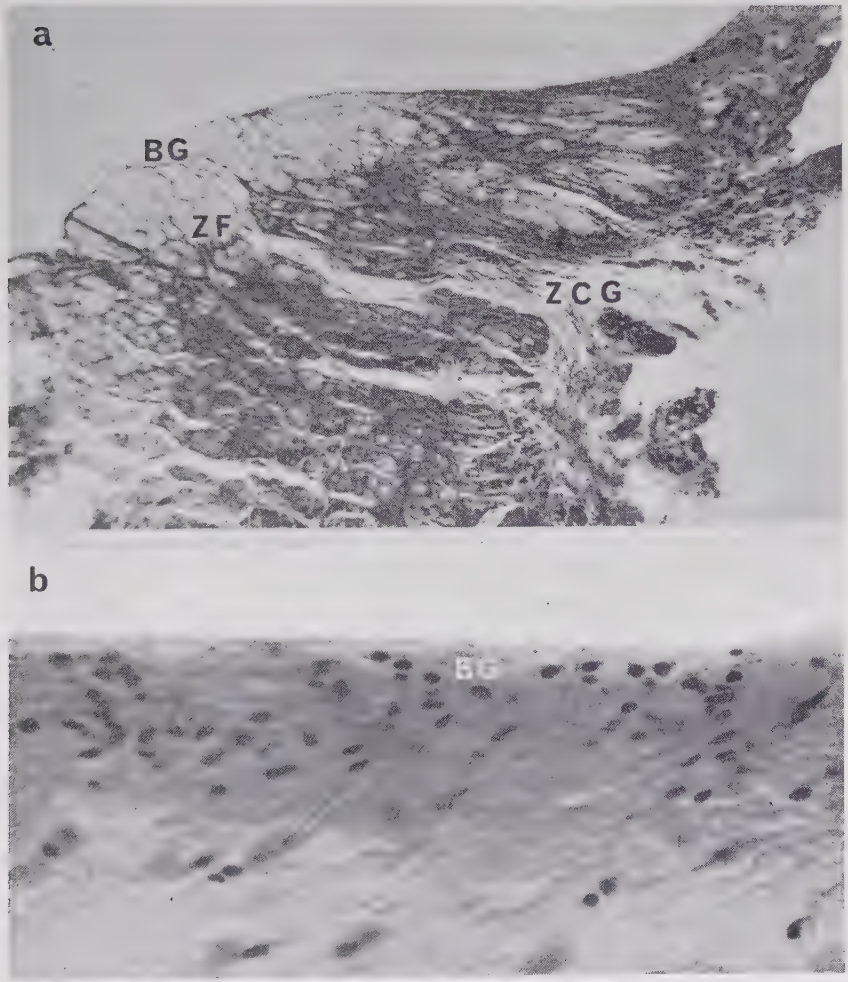


Fig. 7 - a) Photographie d'une coupe transversale du ligament croisé antéro-externe du genou On remarque une zone conjonctivo-graisseuse (ZCG) et une zone fibreuse (ZF). Celle-ci présente un bourrelet de glissement (BG) en face du ligament croisé postéro-interne (× 15). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) de ce même ligament (× 440).

taient néanmoins à une couche de pression classique. La couche de traction qui soutient la couche de pression se compose de faisceaux arrondis ou ovalaires à la section, individualisés par des cloisons épaisses et lâches, de tissu conjonctivo-graisseux. Ces cloisons proviennent de deux à quatre lames de fasciculation qui naissent de la face postérieure et interne du ligament.

Le ligament croisé antéro-externe présente sur sa face antérieure une à trois fissures qui s'allongent sur toute sa longueur. Il semble que ces fissures résultent d'une part, de la torsion du ligament et d'autre part, de la tension variable exercée alternativement sur l'un ou l'autre de ses faisceaux fibreux au cours de la mobilisation de la jointure.

b) *Le ligament croisé postéro-interne,* plus court et plus épais, est en rapport étroit avec le ligament croisé antéro-externe et le ligament ménisco-fémoral de Wrisberg qui croise le premier en arrière ou en avant, cette dernière possibilité étant la plus fréquente. J. M. Gaillard (1966) décrit un ligament ménisco-fémoral principal ou postérieur, et un ligament ménisco-fémoral accessoire ou antérieur. Le ligament ménisco-fémoral principal, souvent absent, est presque toujours suppléé par un équivalent morphologique sous la forme d'un faisceau de fibres obliques sur la face postérieure du ligament croisé postéro-interne. Ainsi conçu, il apparaît constant par opposition au ligament ménisco-fémoral accessoire antérieur qui peut manquer. Deux cas doivent être envisagés : 1) il existe un ligament ménisco-fémoral principal, et le ligament croisé postérieur se meut par rapport à lui en arrière et par rapport au ligament croisé antéro-externe en avant; ou bien, 2) il existe un ligament ménisco-fémoral accessoire antérieur, et le ligament croisé postéro-interne entre en contact avec lui en avant tandis que le faisceau de fibres obliques postérieures n'est qu'un faisceau de renforcement de ce ligament.

1. – *Rapports du ligament croisé postérieur avec les ligaments croisé antérieur et ménisco-fémoral principal :*

La face antérieure du ligament croisé postéro-interne entre en rapport avec la face postérieure du ligament croisé antérieur et présente une facette ovalaire à grand axe parallèle à celui du ligament, facette lisse, dense et brillante, parcourue de fines plicatures dans le sens longitudinal; cette zone comprise dans la bourse glisse sur le ligament antéro-externe.

L'observation, à la loupe, de coupes épaisses montre une couche de pression occupant en général la moitié ou le tiers de l'épaisseur du ligament. Elle est constituée de faisceaux très aplatis parallèlement à la surface de glissement et séparés entre eux par des cloisons conjonctives lâches.

La couche de traction est parcourue par trois à cinq lames de fasciculation, très lâches, dirigées vers l'avant et vers le bord externe du ligament, et qui en se ramifiant, individualisent les faisceaux ligamenteux de cette couche.

L'étude histologique précise l'existence d'un bourrelet de glissement contenant des fibrocytes, de rares cellules chondroïdes et géantes; il revêt la surface intra-séreuse du ligament croisé postéro- interne et se prolonge à sa périphérie avec la paroi synoviale de la bourse séreuse.

Le ligament croisé postérieur entre en contact par sa face postérieure, dans 40% des cas, avec le ligament ménisco-fémoral principal (J. M. Gaillard) dont il est séparé par un mince plan celluleux ou parfois par une bourse décrite par R. Fick (1904). On peut donc facilement isoler ces deux ligaments l'un de l'autre.

Le ligament ménisco-fémoral principal aborde le ligament croisé postérieur par son bord externe puis croise sa face postérieure de bas en haut et de dehors en dedans. Le ligament croisé présente sur sa face postérieure une couche de pression peu importante et une couche de traction typique; il convient de remarquer que ces structures sont moins nettement développées que lorsque le ligament est au surplus précroisé par le faisceau ménisco-fémoral accessoire alors même que cette disposition s'accompagne, comme il a été exprimé plus haut, d'une réduction de volume du ligament ménisco-fémoral principal. L'étude histologique n'a pas révélé de bourrelet de glissement; lorsqu'une petite bourse s'interpose entre ces deux ligaments, la surface intra-séreuse de glissement s'avère être une membrane synoviale qui repose sur un tissu conjonctif lâche.

2. – *Rapports du ligament croisé postérieur avec le ligament ménisco-fémoral accessoire :*

Lorsque la face antérieure du ligament croisé postérieur est précroisée par le ligament ménisco-fémoral accessoire, cette face ne comporte pas de bourse séreuse, mais est simplement séparée des faisceaux fémoro-méniscaux par une lame de tissu conjonctif dense. Cette lame a la forme d'une gouttière dans laquelle s'emboîte le ligament ménisco-fémoral accessoire. L'étude de coupes épaisses du ligament croisé postérieur permet d'observer à la transillumination une couche de faisceaux de pression très aplatis parallèlement à la surface antérieure. Ils occupent la moitié de l'épaisseur du ligament. La couche de traction de même épaisseur, formée de faisceaux ligamenteux typiques, est parcourue par trois à quatre lames de fasciculation qui se dirigent vers le bord externe du ligament et se ramifient finement entre les faisceaux de la couche de pression. Dans ce cas, il n'existe pas de bourrelet de glissement.

6) *Le ligament ménisco-fémoral de Wrisberg* – Ce ligament, selon J. M. Gaillard, comprend ordinairement deux parties précédemment envisagées : le ligament ménisco-fémoral principal, postérieur, présent dans 50% des cas, et le ligament ménisco-fémoral accessoire, antérieur, qui existe dans 75% des cas. Enfin, pour l'Auteur précité, ces deux ligaments coexistent dans 34% des cas.

a) *Le ligament ménisco-fémoral principal* – Le ligament ménisco-

fémoral principal, de forme cylindrique, parfois rubané, dont le diamètre mesure 0,3 à 0,5 cm, s'insère en bas sur la corne postérieure du ménisque externe, aborde le ligament croisé par son bord externe avant de croiser sa face postérieure obliquement vers le haut et le dedans. Il s'attache finalement sur le fémur en arrière et en dedans de l'insertion supérieure du ligament croisé postéro-interne. Entre les deux ligaments s'intercale un plan celluleux ou une bourse séreuse précédemment signalée. L'observation de coupes épaisses révèle un agencement des faisceaux fibreux en une couche de pression typique très réduite dans son développement. Cette couche se situe sous la surface de glissement elle-même tapissée par la synoviale de la bourse séreuse ou par une mince lame cellulo-adipeuse. La couche de pression, est soutenue par la couche de traction faite d'un assemblage de faisceaux cylindriques comparables à ceux d'un tendon à trajet rectiligne. Il est exceptionnel d'y trouver des lames de fasciculation.

b) *Le ligament ménisco-fémoral accessoire* – Le ligament ménisco-fémoral accessoire est le plus souvent rubané, d'une largeur de 0,5 à 0,7 cm; il a par rapport au ligament croisé postéro-interne la même direction que le ligament principal, mais il se place sur sa face antérieure dont il est séparé par un plan mince de tissu celluleux ou plus rarement par une petite bourse séreuse. Il est en contact avec la face postérieure du ligament croisé antéro-externe par l'intermédiaire de la bourse interligamentaire ou du cul-de-sac synovial, ou encore du tissu celluleux. Rarement une bourse s'insinue entre sa face postérieure et le ligament croisé postéro-interne, fréquemment, en revanche, entre sa face antérieure et le ligament croisé antéro-externe. L'existence simultanée d'une bourse sur chacune des deux faces demeure exceptionnelle. Lorsqu'il n'existe pas de bourse en avant comme en arrière de ce ligament fémoro-méniscal accessoire, celui-ci ne présente pas de structures intrinsèques d'adaptation au glissement et à la pression. Lorsqu'il existe une bourse séreuse, la surface comprise à l'intérieur de la bourse antérieure, la plus fréquente, est lisse, brillante, striée de fines plicatures longitudinales. Dans un cas sur vingt, elle est revêtue d'un bourrelet de glissement pauvre en cellules chondroïdes et en cellules géantes, comparable à celui du ligament croisé antéro-externe auquel il répond alors. La surface postérieure, dans la gouttière que lui forme la lame de tissu conjonctif dense qui s'applique sur la face antérieure du ligament croisé postéro-interne, est recouverte de périligamentum externe, rarement tapissé d'une membrane séreuse. A la coupe, le ligament ménisco-fémoral accessoire est ovalaire. Ses faisceaux constitutifs sont aplatis d'avant en arrière dans toute l'épaisseur du ligament ou dans ses deux tiers antérieurs seulement. Ils construisent la couche de pression. La couche de traction, inconstante, peu importante, est la plus postérieure. Trois à quatre lames de fasciculation, obliques vers l'avant et vers le bord interne, parcourent cette couche de traction avant de se perdre dans les parties latérales de la couche de pression.

7) *Le ligament antérieur de l'articulation péronéo-tibiale inférieure* – Le ligament antérieur de l'articulation péronéo-tibiale inférieure s'insère par son extrémité interne sur le bord antérieur de la gouttière péronière du tibia, se dirige obliquement vers le bas et le dehors pour se terminer sur la face antérieure de la malléole externe. Il a la forme d'un trapèze rubané à grande base inférieure qui masque l'interligne tibio-péronier; les trousseaux fibreux inférieurs débordent en bas l'interligne osseux et construisent une paroi épaisse, nacrée, résistante qui complète la mortaise tibio-péronière en avant. Au cours de la mobilisation de l'articulation tibio-tarsienne, le faisceau fibreux inférieur glisse sur la partie antérieure du bord externe de la poulie astragalienne.

Parfois le ligament laisse sur ce cartilage son empreinte. La face postérieure profonde de glissement du faisceau ligamenteux présente une petite glène ovalaire dont le grand axe horizontal mesure environ 0,8 cm et le petit axe vertical, 0,4 cm. Son bord inférieur correspond au bord inférieur libre du ligament. La facette est particulièrement lisse et dense au toucher, brillante et de teinte plus foncée que celle du reste du ligament. Elle n'est jamais fissurée. Ces caractères morphologiques s'accompagnent de structures d'adaptation au glissement et à la pression engendrées par les variations de rapports entre le ligament et le cartilage lors de la mobilisation du pied. On retrouve en effet, un bourrelet de glissement, une couche de pression, une couche de traction et des lames de fasciculation (fig. 8, a). Le bourrelet de glissement tapisse la petite cavité glénoïde; il est formé de périligamentum épaissi qui contient de nombreuses cellules (fig. 8, b, BG). Les fibrocytes y sont généralement groupés en amas; à ces fibrocytes à noyau ovalaire ou même arrondi, s'associent des cellules chondroïdes relativement nombreuses (fig. 8, c, CC), isolées ou groupées par deux dans une même logette et des cellules géantes en nombre équivalent. Le bourrelet est plus épais et plus riche en cellules dans le fond de la glène que sur les bords de celle-ci. Ces cellules infiltrent la zone immédiatement sous-jacente au bourrelet. Dans un cas sur dix environ, ce bourrelet s'avère peu caractéristique. D'épaisseur réduite, il loge des fibrocytes à noyau allongé parallèlement à la surface. Les cellules chondroïdes et les cellules géantes se raréfient. Dans tous les cas toutefois, le bourrelet se prolonge à la périphérie par la membrane synoviale émanant de l'interligne tibio-tarsien.

La couche de pression sous-jacente au bourrelet de glissement représente la moitié et parfois les deux tiers de l'épaisseur du ligament. Elle se compose de faisceaux aplatis dans le sens antéro-postérieur, étroitement réunis entre eux par de fines lamelles de tissu conjonctif lâche (fig. 8, a, CP).

La couche de traction (fig. 8, a, CT) supporte la couche de pression. Elle occupe la moitié de l'épaisseur du ligament en haut alors qu'elle se réduit graduellement vers le bas pour disparaître au niveau du bord inférieur de la glène. Ses faisceaux ressemblent à ceux d'un tendon à trajet rectiligne. Des travées conjonctives lâches plus ou moins volu-

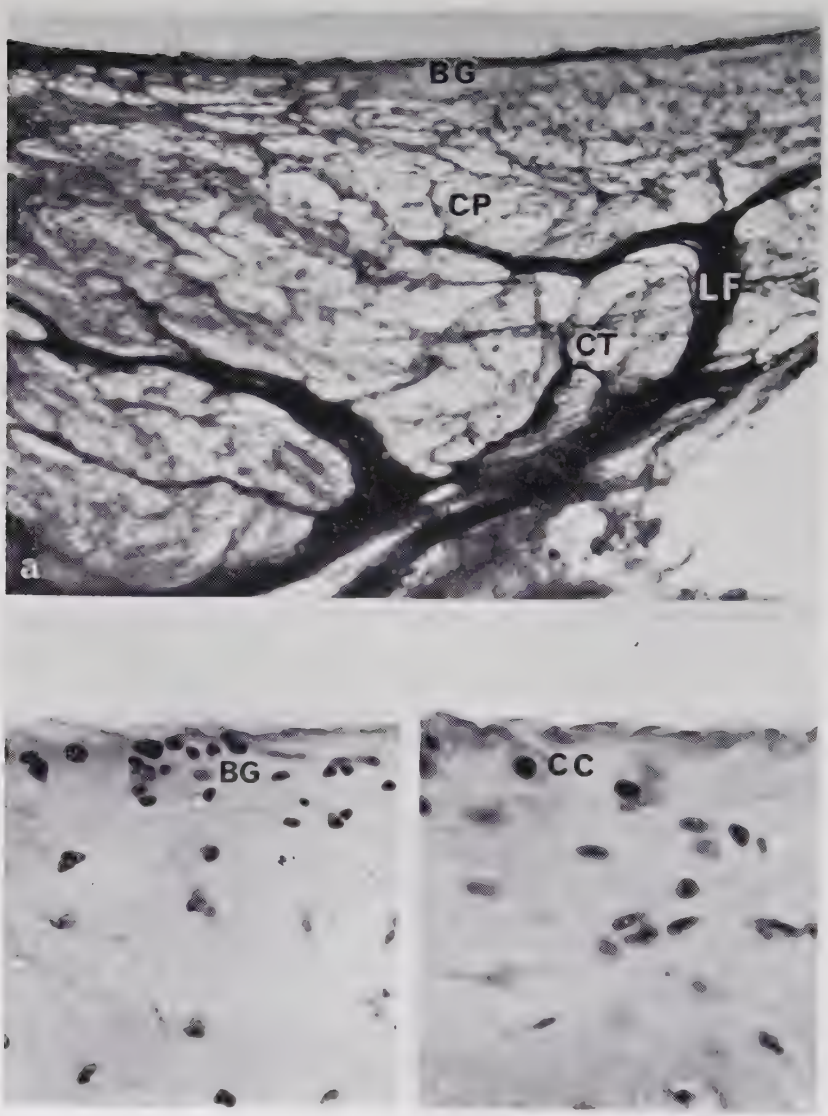


Fig 8 - a) Photographie d'une coupe transversale du ligament péronéo-tibial antérieur et inférieur vue par transillumination, sur laquelle on distingue un bourrelet de glissement (BG), une couche de pression (CP), une couche de traction (CT) et des lames de fasciculation (LF) (× 60). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) de ce même ligament (× 440). c) Cellule chondroïde (CC) comprise dans ce bourrelet (× 700).

mineuses individualisent chaque faisceau. De la face antérieure superficielle montent vers le bourrelet de glissement deux à cinq lames de fasciculation qui émettent quelques branches dans la zone de traction et se terminent en se divisant dans la couche de pression (fig. 8, a, LF). A ce niveau, elles se courbent vers le bas, moins fréquemment vers le haut, avant de se terminer dans les couches profondes du bourrelet. Dans la plupart des cas, une ou deux lames partent du bord supérieur du ligament et se dirigent vers le bord inférieur de celui-ci, parallèlement au bourrelet.

8) *Le ligament postérieur de l'articulation péronéo-tibiale inférieure* – Le ligament postérieur de l'articulation péronéo-tibiale inférieure est beaucoup plus large et plus épais que son homologue antérieur. Il se compose de trousseaux fibreux qui s'attachent sur le bord postérieur de la gouttière péronière du tibia et sur la face postérieure de cet os, se dirigent obliquement vers le bas et le dehors pour se terminer sur le bord postérieur de la malléole externe. Comme le ligament antérieur, il comble partiellement l'interligne tibio-péronier et le masque. Son faisceau inférieur mérite une description spéciale.

En dedans il s'insère sur la partie basse de la face postérieure du tibia près du rebord postérieur de la surface articulaire et étend ses insertions d'origine jusqu'au bord postérieur de la malléole interne; il se dirige obliquement en bas, en arrière et en dehors pour se terminer sur la base de la malléole péronière, à 8 mm en avant de la terminaison des autres faisceaux du ligament péronéo-tibial inférieur et postérieur (L. Testut et A. Latarjet, 1948). Ce faisceau, remarquable par son épaisseur et sa résistance, de couleur blanc-nacré, possède une consistance ferme très dense de telle sorte que R. Fick le considère comme un « Bogenknorpel ». Il constitue le ligament transverse de H.Morris (1879) et consolide, en arrière, la mortaise tibio-péronière. Il glisse au cours de la flexion et de l'extension sur la partie postérieure de la berge externe de la poulie astragalienne; ainsi H. Vallois estime que les frottements de ce ligament sur le cartilage astragalien expliquent la conformation biseautée de l'extrémité postérieure du bord latéral externe de la trochlée astragalienne. Cette partie biseautée constitue parfois une véritable facette dont le cartilage possède une consistance et une couleur différentes de celles du cartilage revêtant la gorge de la poulie. Le ligament présente sur sa face profonde une zone triangulaire à angles arrondis qui se moule sur le biseau astragalien. Sa grande base inférieure mesure en moyenne 2 cm et sa hauteur peut atteindre 1 cm. Il est possible d'en distinguer trois portions, l'une médiane, séparée de deux autres latérales par deux plis verticaux presque parallèles, répondant aux deux crêtes latérales du biseau astragalien. Ainsi, la portion médiane forme avec chacune des deux autres portions un angle dièdre ouvert vers l'avant et le bas. Parfois ces deux angles dièdres s'effacent, et le ligament forme alors une gouttière à parois régulièrement lisses. L'examen macroscopique n'a jamais mis en évidence de fissures et dans quelques cas seulement, de fines plicatures horizontales, paral-

lèles au grand axe du ligament, sillonnent la portion médiane. En haut et en avant, le ligament se continue par une frange synoviale volumineuse qui comble les trois quarts postérieurs de l'interligne tibio-péronier.

L'observation de coupes faites au rasoir et transilluminées, permet de décrire une couche de pression, une couche de traction, des lames de fasciculation et un bourrelet de glissement.

La surface qui répond au cartilage astragalien est dense, brillante, lisse, résistante au toucher. A la coupe, elle apparaît légèrement convexe vers l'avant. La coloration à l'hémalun-éosine de coupes plus fines confirme l'existence d'un bourrelet de glissement. Ce bourrelet, constitué par une densification du tissu conjonctif périligamenteux, est infiltré de fibrocytes, de cellules chondroïdes et de cellules géantes. Les fibrocytes, pourvus de noyaux ovalaires ou plus rarement allongés, se dispersent régulièrement dans tout le bourrelet ou bien s'alignent les uns au bout des autres parallèlement à la surface de glissement pour constituer des rangées de trois à dix éléments chacune, ou encore forment des amas d'importance inégale. Des cellules chondroïdes s'y rencontrent plus rarement ainsi que des cellules géantes. Ce bourrelet est particulièrement développé dans la portion médiane alors que dans les portions latérales les cellules géantes et les cellules chondroïdes sont moins nombreuses. Le bourrelet se continue tout autour de la zone de contact avec le cartilage par la membrane synoviale et adhère en profondeur aux faisceaux de la couche de pression.

La couche de pression est faite de faisceaux dont la section transversale ovalaire traduit un aplatissement parallèle au bourrelet. Ces faisceaux sont particulièrement denses, serrés, la coupe observée ressemblant parfois à un fibro-cartilage. En général, chaque faisceau est entouré par de minces émanations de périligamentum interne. Cette couche de pression occupe sensiblement la moitié de l'épaisseur du ligament.

La couche de traction, placée à l'opposé du bourrelet par rapport à la couche de pression, se compose de faisceaux dont la section, plus régulièrement arrondie, traduit l'adaptation à la traction. Ils sont délimités par des rameaux de tissu conjonctif lâche nés des lames de fasciculation; ces rameaux, épais à la partie postéro-supérieure du ligament, s'amincissent au fur et à mesure qu'ils se rapprochent de la couche de pression.

Les lames de fasciculation s'élèvent de la face postérieure du ligament, c'est-à-dire de la face opposée à celle qui est en rapport avec le cartilage articulaire. Ces lames, au nombre de trois à six, franchissent la couche de traction et pénètrent en s'inclinant parallèlement au bourrelet dans la couche de pression. Ces lames, peu développées, peuvent naître du bord supérieur du ligament et rester dès leur origine parallèles à la zone de glissement, ou encore se détacher d'un axe conjonctif situé dans la couche de traction.

9) *Le ligament collatéral externe de l'articulation du cou-de-pied* - Le ligament collatéral externe de l'articulation du cou-de-pied comprend

trois faisceaux distincts que l'on désigne d'après leur situation en antérieur, moyen et postérieur.

a) *Le faisceau moyen du ligament collatéral externe de l'articulation du cou-de-pied* ou ligament péronéo-calcanéen s'étend de la malléole externe à la face externe du calcanéum. Il a la forme d'un cordon à section ovalaire, qui mesure 2,5 à 3 cm de longueur, 0,5 cm de largeur et 0,3 cm d'épaisseur. Il est surcroisé presque à angle droit par les tendons des deux muscles péroniers latéraux qui déterminent sur sa face superficielle une facette en forme de selle. Celle-ci présente une gouttière convexe vers le bas et le dehors dans le sens antéro-postérieur mais concave vers le bas et le dehors dans le sens transversal. Elle occupe une hauteur de 0,8 à 1 cm et s'étend sur toute la largeur du ligament. Son bord supérieur se situe à 0,5 cm en moyenne en-dessous de l'extrémité supérieure du ligament. Les tendons des muscles péroniers latéraux glissent sur le ligament par l'intermédiaire d'une bourse toujours présente. En plus de cette bourse principale, on rencontre dans un cas sur cinq environ, une autre petite bourse en communication avec la précédente et située dans la profondeur du ligament (fig. 9, b, BS); cette dernière divise partiellement le ligament en un plan superficiel et un plan profond. Dans les trois quarts des cas environ, dès l'ouverture de la bourse principale, deux à trois fissures apparaissent sur la face de glissement du ligament (fig. 9, a, F). Parmi ces trois fissures, l'une, médiane, est large et profonde, les deux autres, latérales, situées près des bords du ligament, plus courtes et moins bien marquées. Ces fissures latérales se présentent quelquefois sous la forme de petites plicatures ou peuvent même être absentes. Dans tous les cas, il a été possible d'individualiser sur des coupes épaisses de ligament péronéo-calcanéen, examinées par transillumination, une couche de pression, une couche de traction, un bourrelet de glissement et des lames de fasciculation (fig. 9, b). Lorsque le ligament n'est pas fissuré et ne présente pas de bourse intraligamenteuse, ces différentes structures se disposent comme dans les tendons de réflexion non fissurés; ainsi, de la lumière de la bourse vers la face profonde du ligament, s'étagent successivement : le bourrelet de glissement, la couche de pression et la couche de traction. Sur les ligaments porteurs de fissures, le fond de celles-ci est relié à la face profonde du ligament par d'épaisses lames conjonctives. Ces lames individualisent trois à quatre faisceaux ligamenteux chacun porteur d'un bourrelet de glissement qui repose sur une couche de pression elle-même se continuant avec la couche de traction. Dans chaque languette ligamenteuse ainsi déterminée par les fissures, pénètre par la face profonde une lame de fasciculation qui traverse la couche de traction puis se perd dans la couche de pression. Dans le cas d'un ligament péronéo-calcanéen scindé en deux plans par une bourse intermédiaire, le plan superficiel est alors constitué par un bourrelet de glissement et une couche de pression tandis que le plan profond est représenté par des faisceaux de pression et de traction.

La couche de pression constitue le tiers de l'épaisseur du ligament et

ses faisceaux ont une section ovalaire à grand axe parallèle à la surface de contact entre tendon et ligament. La couche de traction se compose de faisceaux cylindriques qui occupent le reste de l'épaisseur du ligament. Trois à six lames de fasciculation montent de la face profonde du ligament, traversent la couche de traction, puis s'étalent dans

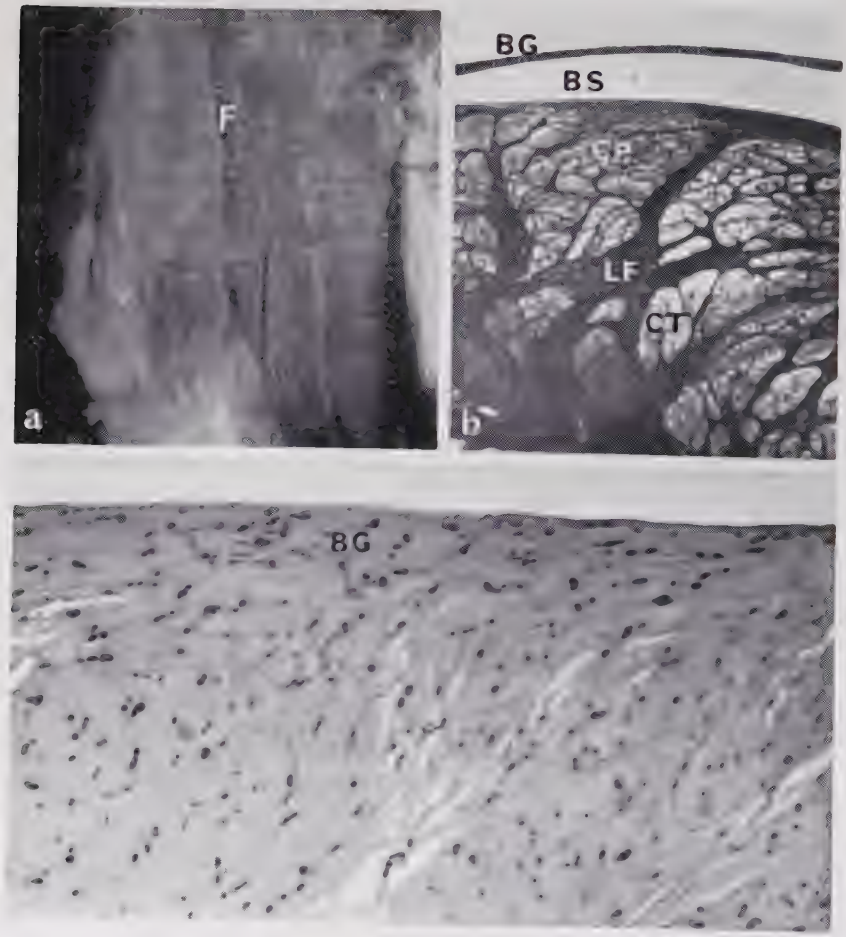


Fig. 9 - a) Photographie de la face externe du faisceau moyen du ligament collatéral externe de l'articulation tibio-tarsienne. On y distingue quelques fissures (F). b) Photographie d'une coupe transversale de ce même faisceau ligamenteux sur laquelle on reconnaît une couche de pression (CP) et une couche de traction (CT), parcourues par des lames de fasciculation (LF). Le bourrelet de glissement (BG) est séparé de la couche de pression par une bourse accessoire (BS) (× 20). c) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) du faisceau moyen péronéo-calcanéen de ce ligament (× 175).

la partie de la couche de pression située sous la bourse intermédiaire. Dans tous les cas, la surface de glissement, en rapport avec les tendons des muscles péroniers latéraux, est faite d'une trame conjonctive dense renfermant les cellules caractéristiques d'un bourrelet de glissement : des fibrocytes ovalaires, des cellules chondroïdes et des cellules géantes (fig. 9, c, BG). Le bourrelet présente son développement optimum dans le fond de la cavité qui reçoit les tendons, directement sous la pointe malléolaire, tandis que sur les versants, il s'appauvrit en cellules chondroïdes et en cellules géantes, et les fibrocytes moins nombreux, en forme de bâtonnets, s'allongent parallèlement à la surface. Tout autour de la zone servant de poulie de réflexion aux tendons, le bourrelet se prolonge par la membrane synoviale de la bourse séreuse.

b) *Le faisceau postérieur du ligament collatéral externe de l'articulation du cou-de-pied* ou ligament péronéo-astragalien postérieur occupe la face postérieure de l'articulation du cou-de-pied, où il est profondément situé. Il prend naissance sur la partie postéro-interne de la malléole péronière et se dirige presqu'horizontalement vers la face postérieure de l'astragale. Il envoie toujours un faisceau secondaire oblique ascendant vers la malléole interne. Ce faisceau naît à une distance variable de l'extrémité externe du ligament et parfois s'en écarte dès l'origine de telle sorte qu'il apparaît comme un ligament de renforcement capsulaire postérieur bien individualisé.

Le faisceau postérieur du ligament latéral externe a la forme d'un cordon aplati d'avant en arrière, long de 3 cm, large de 0,5 cm et épais de 0,2 cm environ. Sa face postérieure est séparée de la gaîne des tendons des muscles péroniers latéraux, par du tissu cellulo-adipeux. Ses bords supérieur et inférieur se continent avec la capsule articulaire. Sa face antérieure, lisse et brillante, se réfléchit et glisse sur le bord postérieur de la facette péronière articulaire de l'astragale et sur celui de la surface articulaire de la malléole externe au cours des mouvements de flexion et d'extension du pied. Ainsi, lors de la flexion du pied, le ligament se tend alors qu'il se relâche au cours de l'extension. Il est en effet possible de décrire une facette plus dense et plus lisse, correspondant à la zone de glissement du ligament péronéo-astragalien postérieur. Cette facette, située près de l'extrémité externe du ligament, détermine un ovale dont le grand axe parallèle à celui du ligament mesure 0,8 cm, et le petit axe, 0,3 cm. Elle n'atteint jamais le bord supérieur du ligament alors qu'elle atteint toujours le bord inférieur de ce dernier. Elle n'est pas fissurée et se continue à sa périphérie avec la membrane synoviale de l'articulation tibio-tarsienne.

Le faisceau péronéo-tibial accessoire de ce ligament péronéo-astragalien postérieur glisse sur la partie postérieure de la poulie astragalienne sur laquelle il se tend lorsque le pied est fléchi. Long de 3 cm, il a la forme d'un cordon grêle dont la face antérieure apparaît lisse, dense, brillante, exceptionnellement parcourue par une ou deux fissures; ces fissures, peu profondes et longues d'un centimètre chacune, sillonnent le ligament parallèlement à son axe, plus rapprochées de son ex-

de cette surface et plus spécialement de celle de la petite cavité centrale, a conduit de nombreux Auteurs à considérer la partie profonde du ligament comme un fibro-cartilage.

Des coupes sagittales épaisses, réalisées dans des plans parallèles passant par l'axe du tendon du muscle jambier postérieur, montrent une structure très complexe de ce ligament. Les faisceaux fibreux se croisent sous des incidences très diverses mais il semble en exister un plus grand nombre à direction parallèle au plan de coupe. Les faisceaux apparaissent aplatis et serrés les uns contre les autres, laissant subsister entre eux une faible quantité de tissu conjonctif lâche. Leur densité évoque celle des couches de pression de tendons, et leur agencement rappelle l'architecture des ménisques. On ne rencontre pas de lames de fasciculation typiques. Ce n'est qu'à la périphérie de la glène, que, très rarement, une ou deux lames parallèles à la surface de glissement, situées à égales distances des deux faces ligamentaires, s'engagent sur un court trajet vers le centre du ligament sans toutefois l'atteindre. C'est également à la périphérie de cette glène que la section des faisceaux s'arrondit comme dans une couche de traction.

La couche superficielle, dense et homogène, correspondant au bourrelet de glissement, se distingue aisément des couches profondes sans pourtant qu'une limite absolument précise la sépare de ces dernières.

Ce bourrelet est particulièrement riche en cellules chondroïdes, en cellules géantes et en fibrocytes qui se rencontrent également dans les couches sous-jacentes au bourrelet (fig. 11, a, BG). Celui-ci se continue tout autour de la glène avec la membrane synoviale, mais recouvre, lorsqu'elle existe, la languette ligamenteuse qui s'intercale entre les deux demi-surfaces articulaires antérieures du calcanéum.

b) *La face tendineuse du ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur* ou trochlée cartilagineuse de Weitbrecht se présente sous la forme d'une gouttière oblique en avant, en bas et en dedans qui conduit le tendon du muscle jambier postérieur vers le scaphoïde tarsien par l'intermédiaire d'une bourse séreuse. La longueur de cette gouttière mesure environ 2 cm et sa largeur 1 cm. Sa surface lisse et brillante est parfois divisée en deux dans le sens de sa largeur par un sillon vertical à travers lequel s'insinue un peloton adipeux recouvert de synoviale. Ce sillon se situe plus près du bord antérieur de la gouttière que de son bord postérieur. Il est exceptionnel de rencontrer un ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur porteur de fissures parallèles à l'axe de la gouttière. A la transillumination, les coupes montrent au niveau de la gouttière précitée un bourrelet de glissement (fig. 11, b, BG) comparable à celui qui recouvre la facette astragalienne et une couche de pression faite de faisceaux entremêlés dans des directions multiples. Le bourrelet se continue à la périphérie progressivement avec la membrane synoviale. Le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur possède donc deux surfaces de glissement opposées, recouvertes chacune d'un bourrelet de glissement typique. Ces deux bourrelets sont séparés par une couche dense de faisceaux très aplatis de haut en bas comme dans la

couche de pression mais dont la direction est délicate à systématiser. Cette couche contient également des cellules géantes et quelques cellules chondroïdes. La couche de traction reste très périphérique et les lames de fasciculation bien structurées manquent.

14) *Les ligaments interosseux de l'articulation de Lisfranc* – Les ligaments interosseux de l'articulation de Lisfranc ou articulations

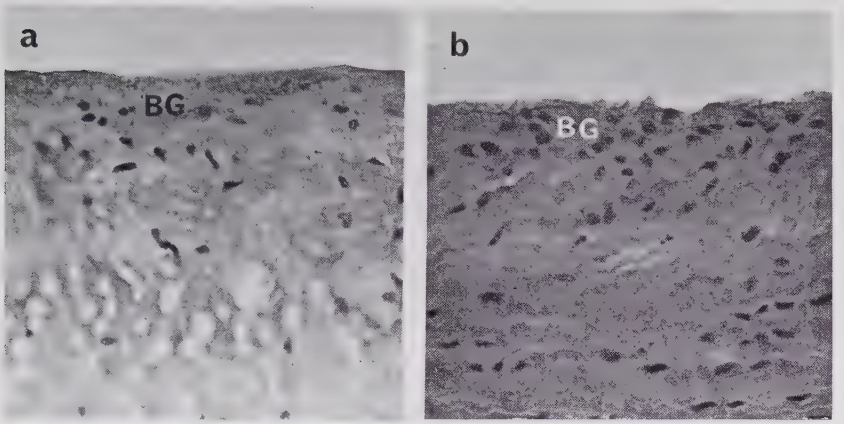


Fig. 11 - a) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) qui recouvre la face osseuse du ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur (× 570). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) qui revêt la face opposée de ce ligament en rapport avec le tendon du muscle jambier postérieur (× 570).

tarso-métatarsiennes sont variables dans leur disposition, dans leur développement et leur nombre. Il est habituel d'en décrire trois qui sont qualifiés d'interne, moyen et externe.

a) *Le ligament interosseux interne,* fort et résistant, s'attache sur la face externe de l'endocunéiforme et s'insère en avant sur la face interne de la base du deuxième métatarsien. Dans 12,5% des cas, ce ligament présente une facette articulaire qui prolonge vers le bas la surface articulaire interne de la base du second métatarsien. Ainsi l'articulation inter-métatarsienne I - II peut être considérée comme une diarthrose ostéo-ligamenteuse (E. Grosshans et P. Meyer, 1963, 1964). Cette facette arrondie, parfois ovalaire, légèrement concave, mesure environ 0,4 cm de diamètre. Elle apparaît macroscopiquement dense, brillante, lisse, alors que le reste du ligament se montre strié et terne, recouvert par quelques franges synoviales et quelques lobules adipeux. Une coupe réalisée transversalement permet de distinguer, à l'aide du stéréomicroscope, une couche de traction, une couche de pression et un bourrelet de glissement; alors que la couche de traction demeure généralement peu développée, la couche de pression, très épaisse, constitue la presque

d'une lamelle conjonctive lâche et du bourrelet, où ils semblent, sur la coupe, s'amasser dans un triangle dont la base est superficielle et le sommet profond. La couche sous-jacente au bourrelet rassemble des faisceaux de fibres à section transversale ovalaire, aplatis perpendiculairement à la surface de glissement. Des cloisons de périligamentum

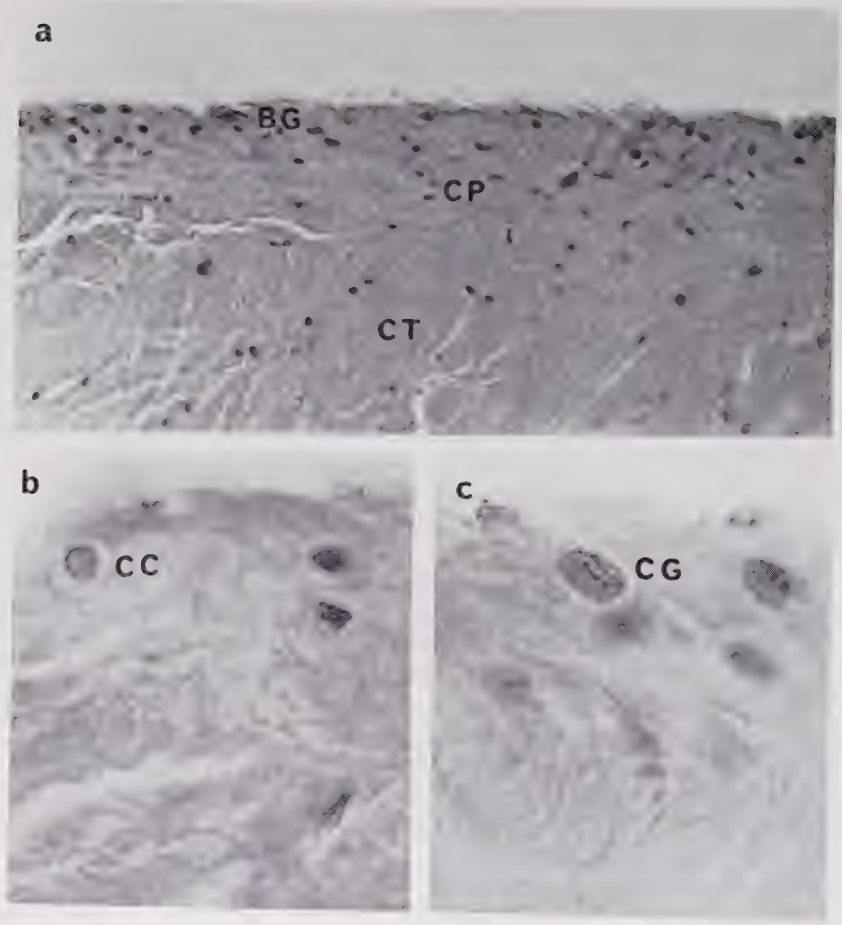


Fig. 10 - a) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) qui recouvre la face superficielle du faisceau postérieur du ligament collatéral interne de l'articulation tibio-tarsienne. Ce bourrelet recouvre une couche de pression (CP) sous laquelle s'étale une couche de traction (CT) (× 570). b) Microphotographie du bourrelet de glissement de ce ligament montrant une cellule chondroïde (CC) (× 1 760). c) Microphotographie du même bourrelet où l'on voit une cellule géante (CG) dont la taille est environ le triple de celle d'un fibrocyte (× 1 760).

interne se dirigent vers cette surface et réunissent étroitement entre eux ces faisceaux. Cette zone qui peut être assimilée à une couche de pression, semble plus épaisse dans la moitié postérieure du ligament, alors que plus en avant, elle n'en représente que le tiers. Elle repose sur une couche de faisceaux de traction typiques. De la face profonde du ligament montent trois à huit lames de fasciculation qui s'orientent obliquement vers la surface de glissement et vers le bord postérieur en distribuant des ramifications dans la couche de traction puis dans la couche de pression. A ce niveau les lames secondaires sont parallèles aux lames principales. Elles se terminent sous le bourrelet ou bien rejoignent le fond des fissures ou des plicatures.

11) *Le ligament astragalo-calcanéen interosseux* – Le ligament astragalo-calcanéen interosseux, très puissant, comble en partie le sinus du tarse. Il est formé de deux feuillets : un feuillet antérieur, épais, situé en arrière de l'articulation astragalo-calcanéenne antérieure, et un feuillet postérieur, situé en avant de l'articulation astragalo-calcanéenne postérieure. Ces deux feuillets sont séparés par du tissu adipeux dans lequel se développe fréquemment une bourse séreuse. Le feuillet postérieur qui s'insère en bas sur le bord antéro-interne de la surface articulaire postérieure du calcaneum et en haut sur le versant postérieur de la gouttière astragalienne, est remarquable par sa forme et sa structure. Sa forme est celle d'un trapèze à grande base externe puisque les fibres externes sont plus longues que les fibres internes, et à petite base interne. Au cours de la mobilisation de l'articulation astragalo-calcanéenne, la face postérieure de ce ligament glisse sur le rebord antérieur de la surface articulaire astragalienne postérieure. De ces variations de rapports entre le ligament et le bord du cartilage, résulte la formation d'une facette brillante, très lisse, située dans la moitié inférieure du ligament. Cette facette, qui rappelle celle du ligament rond en face de la tête fémorale, mesure 1 cm de large et 0,5 cm de haut environ. Elle est fréquemment sillonnée par une à trois fissures verticales peu profondes, parallèles entre elles, qui naissent tout près de l'insertion inférieure et remontent vers l'extrémité supérieure de ce ligament. Elles mesurent en moyenne 0,8 à 1 cm de longueur et se situent plus volontiers dans la moitié externe de la facette. Lorsque le ligament n'est pas fissuré, il est strié par des plicatures plus fines de même orientation. Sur une coupe transversale de ce ligament, on peut décrire une couche de traction, une couche de pression, et un bourrelet de glissement, inconstant.

La couche de traction, peu épaisse, se continue en avant avec le tissu cellulo-adipeux du sinus du tarse. Ses faisceaux sont entourés d'un tissu conjonctif très lâche infiltré de lobules graisseux. Elle supporte la couche de pression plus épaisse constituée de faisceaux dont la section transversale est un ovale allongé parallèlement à la facette de contact du ligament avec le cartilage. Ces faisceaux sont reliés par des lames de périligamentum interne relativement lâches qui rappellent celles du ligament rond du fémur.

La couche de pression soutient l'appareil de glissement qui revêt la facette postérieure du ligament.

De la face antérieure du ligament partent trois à quatre lames de fasciculation présentes dans un cas sur deux. Ces lames se dirigent obliquement vers la surface de glissement sans l'atteindre et émettent dans la couche de pression de nombreux rameaux secondaires. Lorsque le ligament est fissuré, une lame relie le fond de chaque fissure à la face opposée du ligament. Dans certains cas, les lames sont remplacées par des noyaux de conjonctif lâche du périligamentum interne. Ces noyaux se disposent dans la couche de traction et restent parfois reliés au périligamentum externe de la face antérieure du ligament. Ces axes distribuent alors de fines lamelles secondaires périfasciculaires dans la couche de traction comme dans la couche de pression.

La zone, dense, lisse et brillante de la surface de glissement se révèle faite dans un cas sur cinq d'une densification de la trame de périligamentum externe mince dont le nombre d'éléments cellulaires est plus grand que celui qu'offre un périligamentum banal. Des fibrocytes à noyaux ovalaires et arrondis sont inclus dans les couches superficielles de cette trame, mais les cellules chondroïdes et les cellules géantes y sont exceptionnelles. L'image obtenue se rapproche davantage de celle d'une membrane synoviale pauvre en cellules que de celle d'un bourrelet de glissement. Dans les 4/5 des cas, la face postérieure de ce ligament est revêtue par le feuillet synovial de l'articulation astragalo-calcanéenne postérieure.

12) *Le ligament de Chopart* – Le ligament de Chopart ou ligament en Y, s'insère en arrière sur la partie la plus antérieure de la face supérieure du calcanéum, dans l'angle dièdre que cette face forme avec le côté externe de la tête de l'astragale. De là, il se dirige vers l'avant et se divise en deux faisceaux, l'un externe qui se fixe à la face dorsale du cuboïde et l'autre, interne, qui s'attache à la partie supéro-externe du scaphoïde tarsien. Ce dernier se présente sous la forme d'une bandelette quadrangulaire dont la face interne se moule sur la convexité de la tête astragalienne. Au centre de cette face interne, se dessine une glène arrondie ou ovalaire de 0,5 à 0,8 cm de diamètre, d'aspect lisse et brillant. Dans un cas sur dix, cette facette concave est parcourue par une ou deux fissures de profondeur variable, parallèles au grand axe du ligament. Autour de cette glène, le ligament est recouvert par la synoviale. Le ligament est soumis au glissement et à la pression lorsque se produisent des variations dans ses rapports avec la tête astragalienne; il possède également des structures d'adaptation aux actions mécaniques qui s'exercent sur lui : un bourrelet de glissement, et un agencement particulier de ses faisceaux en couches de pression et de traction ainsi que des lames de fasciculation.

Le bourrelet de glissement apparaît particulièrement marqué, dans les trois quarts des cas, au niveau de la moitié inférieure du ligament. Il possède alors une trame conjonctive densifiée dans laquelle se logent des fibrocytes arrondis et régulièrement disséminés, quelques cellules

chondroïdes et de rares cellules géantes. Dans sa moitié supérieure, les éléments cellulaires sont moins nombreux et la trame conjonctive plus étroite. Enfin, dans un quart des cas, le bourrelet est moins typique et son épaisseur est réduite; les cellules qui l'habitent sont essentiellement représentées par des fibrocytes superficiels allongés les uns au au bout des autres sur deux ou trois rangées superposées, parallèles à la surface de glissement. Lorsque la surface de glissement est interrompue par une fissure, le bourrelet se continue sur chaque berge avec la synoviale qui en tapisse le fond et les bords, et se prolonge de même avec la synoviale en dehors de la zone qui se moule sur le cartilage de la tête astragalienne. Ce bourrelet repose sur une couche de pression plus ou moins développée. Celle-ci est faite de faisceaux dont la section ovalaire possède un grand diamètre parallèle à la surface de glissement. Elle est plus importante dans la moitié inférieure du ligament dont elle occupe les deux tiers alors que dans la moitié supérieure elle en constitue le tiers seulement. Les faisceaux ligamenteux sous-jacents de section circulaire composent la couche de traction. A l'opposé de ce qui est observé au niveau de la couche de pression, elle prédomine dans la partie supérieure du ligament tandis qu'elle se réduit considérablement tout près de son bord inférieur. Elle est parcourue par trois à dix lames perpendiculaires au bourrelet qui s'infléchissent au niveau de la couche de pression et s'y perdent en ramifications minces de périligamentum interne. Le faisceau interne du ligament de Chopart montre ainsi des structures d'adaptation à la pression et au glissement plus particulièrement marquées dans sa portion inférieure.

13) *Le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur* – Le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur est tendu entre la petite apophyse du calcanéum et la partie de cet os situé en avant et en dehors de cette apophyse d'une part, l'extrémité interne et le bord inférieur du scaphoïde d'autre part; il se présente comme une lame fibreuse très dense, résistante, de forme triangulaire à sommet inférieur et à base supérieure et occupe tout l'intervalle qui sépare le scaphoïde du calcanéum; dans 40% des cas (L. Testut et A. Latarjet), il se prolonge en arrière par une petite languette qui comble l'espace formé par une éventuelle duplicité de la surface articulaire antéro-interne du calcanéum. Cette particularité anatomique se rencontre plus fréquemment à gauche qu'à droite. Le bord supérieur du ligament reçoit les fibres du faisceau tibio-ligamentaire du ligament collatéral interne de l'articulation du cou-de-pied. Le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur possède deux faces successivement étudiées : la face inféro-interne, superficielle, qui répond au tendon du muscle jambier postérieur et la face externe, profonde, qui se moule sur la partie inféro-interne de la tête astragalienne.

a) *La face astragalienne* du ligament forme une glène à contour ovalaire ou plus rarement circulaire dont le grand diamètre mesure environ 2 cm et le petit diamètre 1,5 cm. Dans quelques cas, elle se déprime dans sa région centrale ou inférieure et réalise une concavité secondaire de 0,8 cm de diamètre. L'aspect très lisse, très brillant, très dense,

de cette surface et plus spécialement de celle de la petite cavité centrale, a conduit de nombreux Auteurs à considérer la partie profonde du ligament comme un fibro-cartilage.

Des coupes sagittales épaisses, réalisées dans des plans parallèles passant par l'axe du tendon du muscle jambier postérieur, montrent une structure très complexe de ce ligament. Les faisceaux fibreux se croisent sous des incidences très diverses mais il semble en exister un plus grand nombre à direction parallèle au plan de coupe. Les faisceaux apparaissent aplatis et serrés les uns contre les autres, laissant subsister entre eux une faible quantité de tissu conjonctif lâche. Leur densité évoque celle des couches de pression de tendons, et leur agencement rappelle l'architecture des ménisques. On ne rencontre pas de lames de fasciculation typiques. Ce n'est qu'à la périphérie de la glène, que, très rarement, une ou deux lames parallèles à la surface de glissement, situées à égales distances des deux faces ligamentaires, s'engagent sur un court trajet vers le centre du ligament sans toutefois l'atteindre. C'est également à la périphérie de cette glène que la section des faisceaux s'arrondit comme dans une couche de traction.

La couche superficielle, dense et homogène, correspondant au bourrelet de glissement, se distingue aisément des couches profondes sans pourtant qu'une limite absolument précise la sépare de ces dernières.

Ce bourrelet est particulièrement riche en cellules chondroïdes, en cellules géantes et en fibrocytes qui se rencontrent également dans les couches sous-jacentes au bourrelet (fig. 11, a, BG). Celui-ci se continue tout autour de la glène avec la membrane synoviale, mais recouvre, lorsqu'elle existe, la languette ligamenteuse qui s'intercale entre les deux demi-surfaces articulaires antérieures du calcanéum.

b) *La face tendineuse du ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur* ou trochlée cartilagineuse de Weitbrecht se présente sous la forme d'une gouttière oblique en avant, en bas et en dedans qui conduit le tendon du muscle jambier postérieur vers le scaphoïde tarsien par l'intermédiaire d'une bourse séreuse. La longueur de cette gouttière mesure environ 2 cm et sa largeur 1 cm. Sa surface lisse et brillante est parfois divisée en deux dans le sens de sa largeur par un sillon vertical à travers lequel s'insinue un peloton adipeux recouvert de synoviale. Ce sillon se situe plus près du bord antérieur de la gouttière que de son bord postérieur. Il est exceptionnel de rencontrer un ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur porteur de fissures parallèles à l'axe de la gouttière. A la transillumination, les coupes montrent au niveau de la gouttière précitée un bourrelet de glissement (fig. 11, b, BG) comparable à celui qui recouvre la facette astragalienne et une couche de pression faite de faisceaux entremêlés dans des directions multiples. Le bourrelet se continue à la périphérie progressivement avec la membrane synoviale. Le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur possède donc deux surfaces de glissement opposées, recouvertes chacune d'un bourrelet de glissement typique. Ces deux bourrelets sont séparés par une couche dense de faisceaux très aplatis de haut en bas comme dans la

couche de pression mais dont la direction est délicate à systématiser. Cette couche contient également des cellules géantes et quelques cellules chondroïdes. La couche de traction reste très périphérique et les lames de fasciculation bien structurées manquent.

14) *Les ligaments interosseux de l'articulation de Lisfranc* – Les ligaments interosseux de l'articulation de Lisfranc ou articulations

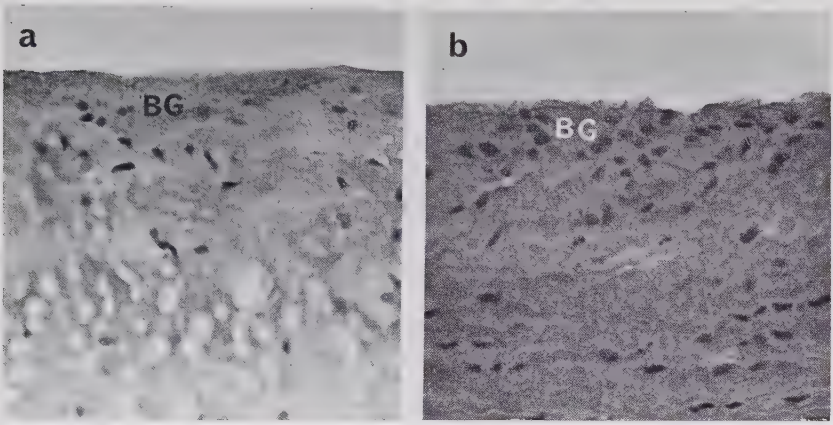


Fig. 11 - a) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) qui recouvre la face osseuse du ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur (× 570). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) qui revêt la face opposée de ce ligament en rapport avec le tendon du muscle jambier postérieur (× 570).

tarso-métatarsiennes sont variables dans leur disposition, dans leur développement et leur nombre. Il est habituel d'en décrire trois qui sont qualifiés d'interne, moyen et externe.

a) *Le ligament interosseux interne,* fort et résistant, s'attache sur la face externe de l'endocunéiforme et s'insère en avant sur la face interne de la base du deuxième métatarsien. Dans 12,5% des cas, ce ligament présente une facette articulaire qui prolonge vers le bas la surface articulaire interne de la base du second métatarsien. Ainsi l'articulation inter-métatarsienne I - II peut être considérée comme une diarthrose ostéo-ligamenteuse (E. Grosshans et P. Meyer, 1963, 1964). Cette facette arrondie, parfois ovalaire, légèrement concave, mesure environ 0,4 cm de diamètre. Elle apparaît macroscopiquement dense, brillante, lisse, alors que le reste du ligament se montre strié et terne, recouvert par quelques franges synoviales et quelques lobules adipeux. Une coupe réalisée transversalement permet de distinguer, à l'aide du stéréomicroscope, une couche de traction, une couche de pression et un bourrelet de glissement; alors que la couche de traction demeure généralement peu développée, la couche de pression, très épaisse, constitue la presque

totalité du ligament. Sur la couche de pression repose un bourrelet très dense qui renferme des fibrocytes, des cellules géantes et des cellules chondroïdes.

b) Le ligament interosseux moyen unit le mésocunéiforme et l'exocunéiforme à la base des deuxième et troisième métatarsiens. Ordinairement peu développé, quelquefois absent, il ne présente pas de facette de glissement et ne sera, à cet égard, pas retenu ici.

c) *Le ligament interosseux externe* prend naissance en arrière sur la face externe de l'exocunéiforme et vient s'attacher en avant sur le côté externe de la base du troisième métatarsien. Il envoie parfois une expansion fibreuse au quatrième métatarsien. Sa face interne s'articule dans un tiers des cas avec le troisième métatarsien et la diarthrose ostéo-ligamenteuse formée reste à distance de la troisième articulation intermétatarsienne proximale ou plus rarement se continue avec elle (E. Grosshans et P. Meyer). Le ligament exo-cunéo-métatarsien revêt la forme d'une bandelette aplatie de dehors en dedans; cet aplatissement est plus nettement marqué dans la moitié supérieure que dans la moitié inférieure de ce ligament. La facette articulaire proprement dite, de forme arrondie ou ovalaire, légèrement déprimée, mesure en moyenne 0,8 cm à 1 cm de diamètre. Elle est dense, lisse, nacrée mais parfois parcourue par une ou deux fissures peu profondes sensiblement parallèles entre elles et au grand axe du ligament.

L'observation par transillumination des coupes transversales permet de signaler à nouveau une couche de traction et une couche de pression sillonnées par des lames de fasciculation, ainsi qu'un bourrelet de glissement. La couche de traction représente tout au plus le quart de l'épaisseur du ligament. Elle est peu développée dans sa moitié supérieure et se compose de quelques faisceaux cylindriques de volume inégal séparés entre eux par des cloisons irrégulièrement distribuées par les lames de fasciculation. La couche de pression se situe entre le bourrelet et la couche précédemment signalée. Elle est toujours la plus épaisse, la plus dense, la plus homogène et se compose de faisceaux aplatis de dehors en dedans, c'est-à-dire parallèlement à la surface de glissement. La couche de traction est traversée par quatre à six lames de fasciculation qui se développent à partir de la surface externe, se dirigent vers la couche de pression où elles se coudent vers le haut et vers le bas, puis distribuent leurs rameaux terminaux entre les faisceaux soutenant le bourrelet. Ces lames sont plus importantes dans la moitié supérieure du ligament alors qu'elles demeurent très courtes et très minces dans sa moitié inférieure.

Le bourrelet de glissement recouvre la facette articulaire du ligament. Des fibrocytes plus nombreux qu'en profondeur, des cellules chondroïdes régulièrement dispersées et quelques cellules géantes caractérisent sa cytologie. En périphérie de la surface de contact du ligament avec le troisième métatarsien ce bourrelet se continue avec la membrane synoviale. Ainsi les ligaments interosseux tarso-métatarsiens

possèdent-ils pour la plupart des structures d'adaptation au glissement et à la pression.

Aux observations recueillies à la suite de l'examen de ligaments articulaires du membre inférieur, s'ajoutent maintenant celles qui concernent des ligaments appartenant aux articulations du membre supérieur.

B. LIGAMENTS DU MEMBRE SUPÉRIEUR

Au niveau du membre supérieur, quelques ligaments montrent également des modifications architecturales lorsqu'ils sont soumis à des pressions et des glissements. Ce sont, entre autres :

1) Le ligament annulaire du coude;

2) Les ligaments collatéraux interne et externe des articulations métacarpo-phalangiennes.

1) *Le ligament annulaire de l'articulation du coude* – Le ligament annulaire de l'articulation du coude s'insère sur les deux berges de la petite cavité sigmoïde du cubitus et forme avec celle-ci un anneau ostéo-fibreux resseré à sa base (Ph. Bellocq, 1942), de telle sorte que la tête radiale ne puisse spontanément se dégager dans le sens distal. Au cours des mouvements de flexion et d'extension, de pronation et de supination de l'avant-bras, la tête du radius glisse sur la petite cavité sigmoïde ainsi que sur la surface interne du ligament.

Le ligament annulaire est, comme le ligament transverse de l'atlas, classiquement considéré comme recouvert d'une mince couche de cartilage. En effet, l'observation macroscopique de ce ligament le montre brillant, dense et lisse sur sa face profonde, contrastant avec l'aspect fibrillaire de sa face superficielle. Dans quelques cas peu nombreux, la surface de glissement est parcourue par une ou deux plicatures parallèles aux bords circonférenciels. Ces bords supérieur et inférieur présentent, dans tous les cas examinés, une densification et un épaississement qui s'étendent sur une hauteur plus importante près des extrémités d'insertion qu'elle ne l'est au niveau de la partie moyenne du ligament. En outre, toute la hauteur du ligament est renforcée dans son tiers postérieur par les faisceaux antérieur et moyen du ligament collatéral externe du coude. La zone médiane, sensiblement ovalaire, sans limites nettes, très lisse et très compacte, s'amincit en son centre où elle devient translucide. La transillumination de coupes transversales permet de distinguer les trois couches constitutives du ligament : le bourrelet de glissement, la couche de pression et la couche de traction.

Le bourrelet de glissement (fig. 12, a, BG), dense, mais peu épais, représente la face profonde du ligament qui se déplace sur le cartilage du pourtour de la tête radiale. Il repose sur une couche de faisceaux aplatis parallèlement au bourrelet, qui forment la couche de pression (fig. 12, a, CP). Ces faisceaux peu nombreux et intimement accolés forment une couche peu importante dans la zone médiane tandis qu'à la

périphérie du ligament ils se superposent en trois à cinq couches. Superficiellement, les faisceaux deviennent plus cylindriques et constituent la couche de traction (fig. 12, a, CT). Cette couche est particulièrement développée près des insertions cubitales du ligament ainsi que dans la portion renforcée par les faisceaux du ligament collatéral externe du coude. A ce niveau des lames de fasciculation s'engagent vers la sur-

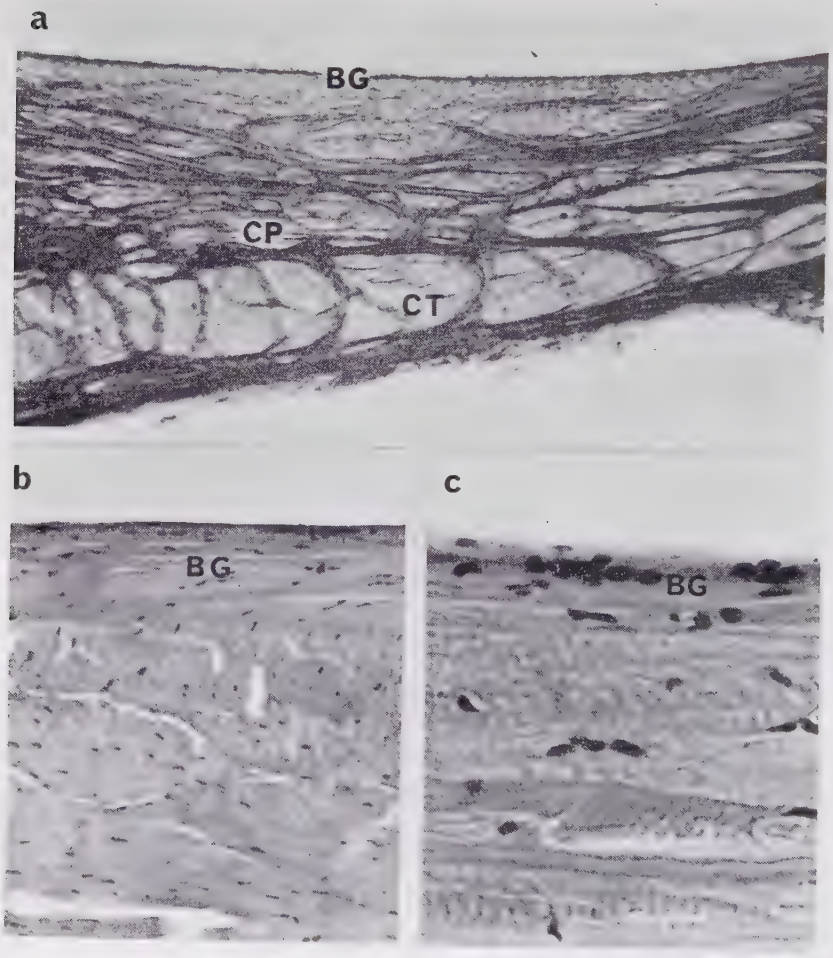


Fig. 12 - a) Photographie d'une coupe transversale du ligament annulaire de l'articulation du coude vue par transillumination : bourrelet de glissement (BG), couche de pression (CP), couche de traction (CT) (× 20). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) qui tapisse sa face profonde (× 175). c) Microphotographie du même bourrelet (BG) (× 440).

face de glissement et changent d'orientation pour devenir parallèles à cette surface.

L'étude histologique de la surface de glissement (fig. 12, b et c) confirme la présence d'un bourrelet de glissement fait d'une densification des fibres collagènes, infiltré de fibrocytes, de cellules chondroïdes et de cellules géantes. Les fibrocytes sont arrondis ou allongés dans la partie supérieure du ligament. Ils se dispersent régulièrement ou bien s'amassent en nombre plus ou moins important. Dans la partie inférieure du ligament, les fibrocytes, moins nombreux prennent la forme de bâtonnets allongés parallèlement à la surface de glissement. Ils sont alignés bout à bout dans la zone la plus superficielle du bourrelet. Les cellules chondroïdes sont plus rares que les cellules géantes, elles-mêmes beaucoup moins nombreuses que les fibrocytes. Ce bourrelet est bien marqué sur les trois quarts supérieurs du ligament, surtout dans la partie la plus mince. Il se continue en haut aussitôt par la membrane synoviale du repli huméro-radial et en bas plus progressivement avec le cul-de-sac synovial inférieur qui entoure le col radial.

2) *Les ligaments collatéraux des articulations métacarpo- phalangiennes* – Etant donné l'aspect analogue des cinq articulations métacarpo-phalangiennes, il convient de retenir d'abord une étude générale de leurs ligaments collatéraux, puis de préciser les caractères différentiels qui les individualisent.

Les ligaments collatéraux des articulations métacarpo-phalangiennes, épais et résistant (Ph. Bellocq, 1942), situés sur les côtés de l'articulation métacarpo-phalangienne correspondante, se distinguent en un ligament interne et un ligament externe. Chaque ligament revêt la forme d'un éventail dont le sommet s'insère sur la dépression et le tubercule situés de part et d'autre du condyle métacarpien (G. Paturet, 1951 b). De là, leurs fibres postérieurs se portent sur les tubercules latéraux de la première phalange et leurs fibres antérieures sur les bords latéraux et sur la face antérieure du fibrocartilage glénoïdien. Chaque ligament se moule ainsi sur les faces antéro-latérales de la tête métacarpienne. Il faut distinguer pour chaque ligament, qu'il soit interne ou externe, deux faisceaux, l'un latéral phalangien plus étroit que l'autre, antéro-latéral appelé faisceau glénoïdien puisqu'il rejoint le fibrocartilage d'agrandissement qui permet de rétablir la concordance des deux surfaces articulaires disproportionnées. Ces deux faisceaux sont séparés sur leur face articulaire par une fissure plus ou moins profonde, mais toujours présente. Leur face profonde est classiquement revêtue de synoviale et leur face superficielle répond latéralement aux muscles interosseux, aux muscles lombricaux et aux vaisseaux et nerfs collatéraux des doigts; en avant, ils contractent des rapports étroits avec le ligament transverse intermétacarpien. Quelques particularités différencient chaque articulation l'une de l'autre : celle du pouce possède deux os sésamoïdes constants situés à la face palmaire; l'un interne, cubital, de forme arrondie dont la surface plane ou convexe mesure 4 à 5 mm de diamètre, reçoit des fibres du faisceau glénoïdien

homolatéral; l'autre, externe, radial, est ovalaire et sa surface plane ou concave plus large, puisqu'elle atteint 7 à 8 mm, le fait ressembler à un os scaphoïde. Il reçoit aussi un ligament métacarpo-phalangien alors désigné ligament métacarpo-sésamoïdien. Chaque sésamoïde tapissé de cartilage articulaire répond au condyle de la tête du métacarpien. Les autres articulations peuvent également être pourvues de sésamoïdes; W. Pfitzner (1900) en rencontre un dans celle de l'index (42% des cas), deux dans celle de l'auriculaire (70%), un dans celle du médius et un dans celle de l'annulaire moins fréquemment.

Dans le mouvement de flexion, le faisceau phalangien des ligaments latéraux se tend fortement tandis que leur faisceau glénoïdien se relâche. Dans le mouvement d'extension, les ligaments sont allongés mais nullement tendus selon H. Vallois. L. Testut et A. Latarjet, au contraire, estiment que le phénomène inverse se produit, c'est-à-dire que le faisceau glénoïdien est tendu et le faisceau phalangien relâché dans l'extension. Dans les mouvements d'inclinaison latérale, le ligament homolatéral se relâche et le ligament controlatéral se tend et limite la course de cette inclinaison. Ces mouvements de flexion, d'extension, d'inclinaison latéral et de circumduction entraînent le déplacement fréquemment répété de l'extrémité supérieure de la phalange proximale et des ligaments collatéraux, les ligaments glissant sur la partie antérieure du rebord latéral mousse ou biseauté du cartilage qui recouvre la tête métacarpienne. Le ligament laisse son empreinte sur ce rebord condylien qui apparaît plus brillant, plus lisse, de teinte plus foncée et de consistance plus dure que le cartilage qui tapisse le reste de la tête. La face articulaire de chaque ligament qui épouse le relief de ce rebord présente une facette concave vers le haut, l'arrière, le dedans ou le dehors, selon qu'elle est externe ou interne. Cette facette est dense, lisse et brillante, bordée par la synoviale articulaire et parfois par des os sésamoïdes. D'aspect réniforme, d'obliquité parallèle à celle du rebord cartilagineux sur laquelle elle se réfléchit, elle oriente son hile vers l'arrière. Elle est toujours divisée en deux facettes secondaires par un sillon plus ou moins prononcé, parallèle à la direction des fibres ligamenteuses, qui permet d'individualiser le faisceau glénoïdien disposé en avant du faisceau phalangien. Ce sillon s'accompagne fréquemment d'une fissure peu profonde du faisceau phalangien qui est parallèle à ce sillon. D'une manière générale, la portion glénoïdienne de la facette ligamenteuse est plus large et plus dense que celle de la portion phalangienne. La zone glénoïdienne, beaucoup plus mince, surtout à son extrémité antérieure, correspondant au fond de la concavité, est transparente lorsqu'on la regarde par transillumination. A ces caractères généraux s'ajoutent pour chaque ligament des particularités morphologiques que voici :

a) *Le ligament collatéral externe de l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce* présente une facette réniforme de 1, 2 à 1, 5 cm de longueur et 0,8 cm de largeur environ. A son extrémité antéro-inférieure elle se continue avec la surface plane ou convexe du sésamoïde externe. La portion glénoïdienne est deux fois plus grande que la portion pha-

langienne; cette dernière est parcourue dans le sens de la largeur, c'est-à-dire parallèlement à la direction des fibres du ligament par une fissure retrouvée dans 2 cas sur 10. Cette fissure naît près de l'insertion supérieure du faisceau, se dirige vers le bas, l'avant et le dedans et se termine après un trajet d'environ 0,5 cm près de l'insertion phalangienne. Cette facette du ligament collatéral externe est beaucoup mieux développée que celle du ligament collatéral interne de la même articulation; ceci correspond au fait que le rebord cartilagineux externe est bien plus saillant que ne l'est le rebord interne, au contraire, effacé;

b) *Le ligament collatéral interne de l'articulation métacarpo-phalangienne du pouce* présente une facette plus petite et moins concave que ne l'est la facette correspondante du ligament collatéral externe; elle mesure 0,8 à 1 cm de longueur et 0,5 cm de largeur; le sésamoïde pisiforme limite la glène ligamenteuse en bas et en avant, glène exceptionnellement fissurée;

c) *Le ligament collatéral externe de l'articulation métacarpo-phalangienne de l'index* est toujours puissamment développé. Il s'enroule autour de la saillie palmaire que lui oppose le rebord externe de la surface cartilagineuse métacarpienne. La facette de glissement fortement concave, dense et lisse, mesure 0,8 à 1 cm de largeur et 1,5 cm de longueur; l'incisure interfasciculaire apparaît bien marquée. Les ligaments étudiés ont montré une seule fissure sur cette facette, fissure située dans le champ phalangien, et quelquefois un os sésamoïde qui borde son extrémité antéro-inférieure;

d) *Le ligament collatéral interne de l'articulation métacarpo-phalangienne de l'index* possède une surface de glissement qui se distingue nettement de la facette controlatérale par ses dimensions plus réduites et ses caractères d'adaptation moins apparents. Elle ne mesure que 0,8 cm à 1 cm de largeur sur 0,5 cm de longueur. La portion phalangienne ne constitue que le quart de la surface du ligament. Exception faite de l'incisure interfasciculaire, elle n'est pas autrement fissurée; cette surface est bordée de synoviale;

e) *Le ligament collatéral externe de l'articulation métacarpo-phalangienne du médius* possède une facette de glissement qui mesure 1, 2 cm de largeur sur 0,8 cm de longueur. Le faisceau phalangien qui en constitue le tiers environ est parcouru d'une ou deux fissures dans 10% des cas;

f) *Le ligament collatéral interne de l'articulation métacarpo-phalangienne du médius* est pourvu d'une facette sensiblement analogue à la précédente;

g) *Le ligament collatéral externe de l'articulation métacarpo-phalangienne de l'annulaire* présente une facette de glissement disposée en regard du bord externe cartilagineux biseauté de la tête métacarpienne. Elle est semblable aux facettes des ligaments de la troisième articulation métacarpo-phalangienne; dans trois cas sur dix, elle est munie

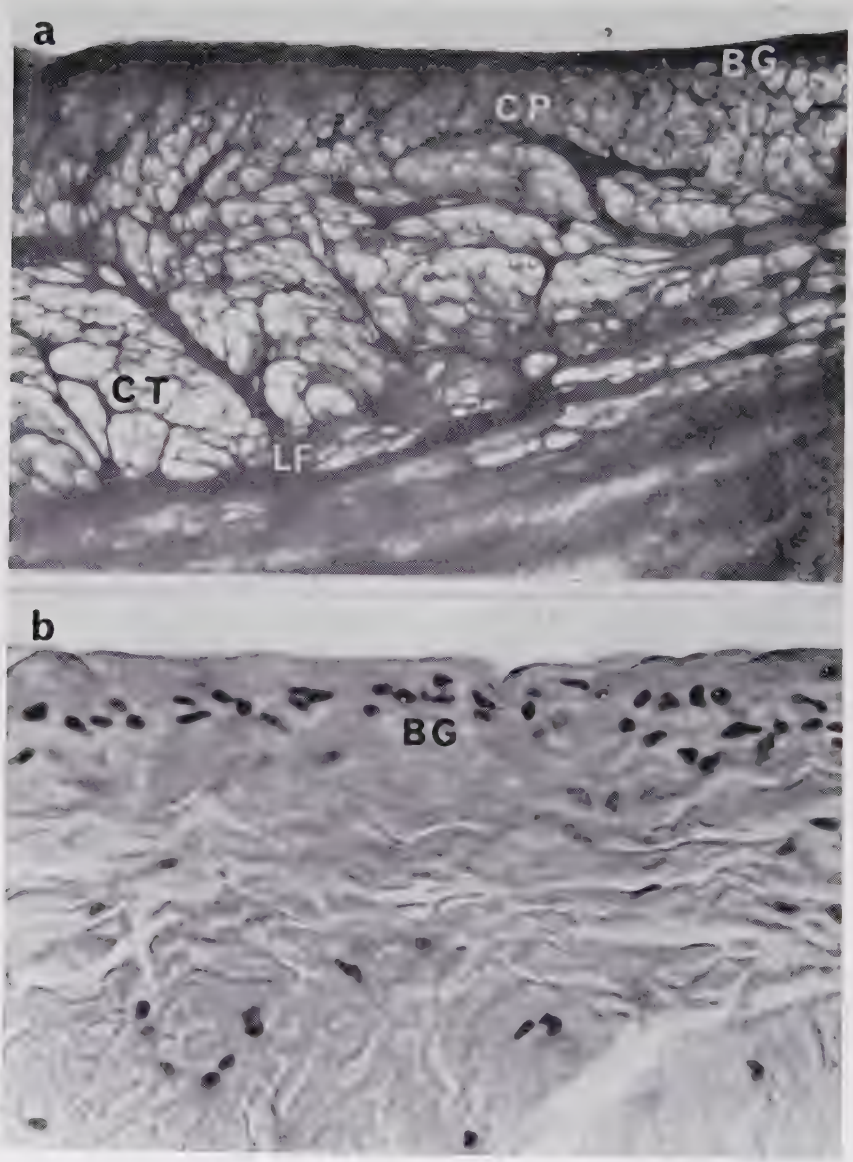


Fig. 13 - a) Photographie d'une coupe transversale du faisceau glénoïdien du ligament collatéral externe de la 2e articulation métacarpo-phalangienne, vue par transillumination : bourrelet de glissement (BG), couche de pression (CP), couche de traction (CT) et lames de fasciculation (LF) (× 20). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) de ce même faisceau ligamenteux (× 540).

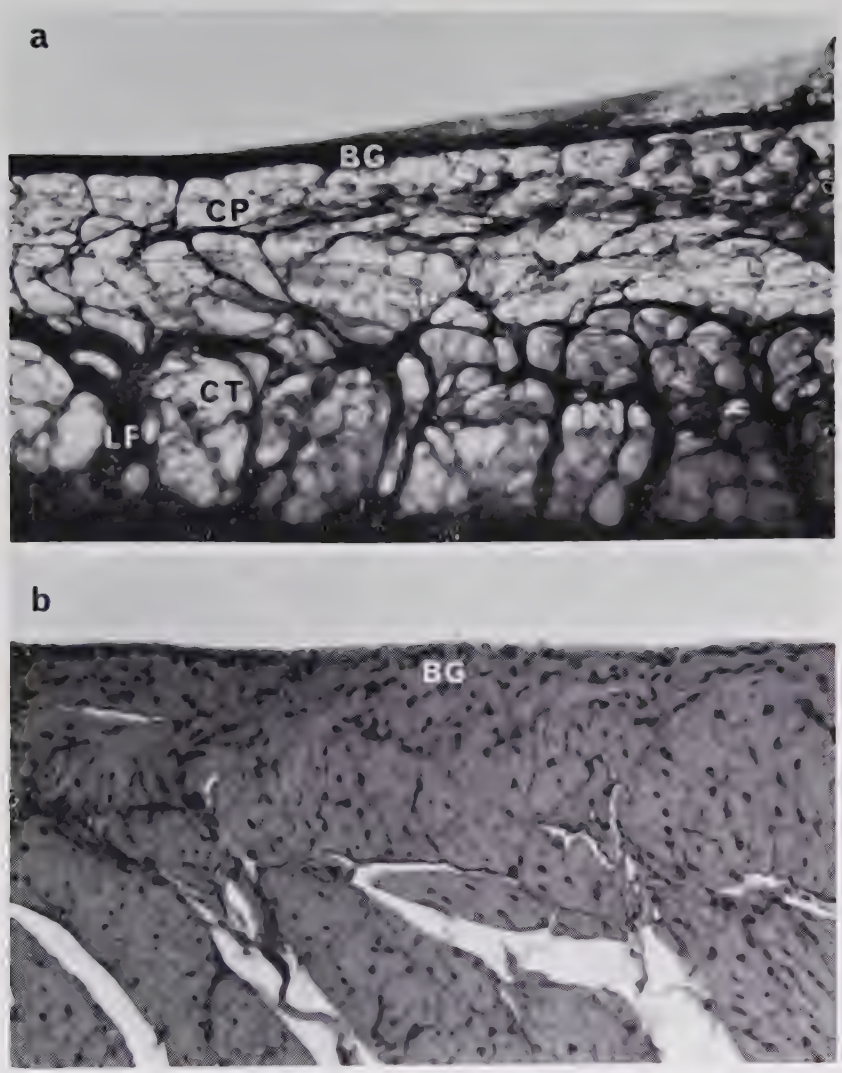


Fig. 14 - a) Photographie réalisée par transillumination d'une coupe transversale du faisceau phalangien du ligament collatéral externe de la 3e articulation métacarpo-phalangienne : bourrelet de glissement (BG), couche de pression (CP), couche de traction (CT) et lames de fasciculation (LF) (× 20). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) du même faisceau ligamenteux (× 500).

d'une fissure située au niveau de la portion phalangienne de ce ligament;

h) *Le ligament collatéral interne de l'articulation métacarpo-phalangienne de l'annulaire* présente une facette moins grande et moins marquée que la facette précédemment décrite. Elle mesure 1 cm de largeur sur 0,8 cm de longueur et ne comporte pas de fissures;

i) *Le ligament collatéral externe de l'articulation métacarpo-phalangienne de l'auriculaire* est pourvue d'une surface de glissement dont l'aspect n'offre aucun caractère différentiel de celui des facettes des ligaments de l'articulation précédente;

j) *Le ligament collatéral interne de l'articulation métacarpo-phalangienne de l'auriculaire* comporte une facette qui se prolonge dans 70% des cas en bas et en avant par la surface cartilagineuse d'un petit os sésamoïde. Elle est ordinairement plus dense et plus lisse que celle du ligament controlatéral et mesure 0,5 cm de largeur sur 1 cm de longueur. Elle est rarement fissurée.

L'étude de coupes transversales épaisses de ces ligaments examinés à la loupe binoculaire par transillumination permet de décrire dans tous les cas et pour chaque ligament des modifications architecturales engendrées par le glissement et la pression sur des surfaces cartilagineuses. Ces structures consistent en un agencement des faisceaux ligamenteux en couches de pression et de traction, tandis que la surface de glissement présente une densification du périligamentum externe.

Cette densification du périligamentum externe, interrompue au niveau des fissures, se voit plus nettement dans la région correspondant au fond de la concavité le plus souvent creusée dans le champ glénoïdien. Il est, dans la plupart des cas, impossible de décoller la membrane synoviale qui classiquement la revêt. Au contraire, en dehors de la facette de glissement la synoviale se détache aisément et se laisse déformer à volonté. Cette mince trame conjonctivo-fibreuse dense repose sur une couche de faisceaux de pression dont la section paraît ovalaire; cette disposition traduit l'aplatissement des faisceaux parallèlement à la surface de glissement. Elle occupe le tiers ou la moitié de l'épaisseur du ligament et apparaît proportionnellement plus importante au niveau du faisceau glénoïdien qu'au niveau du faisceau phalangien. Elle est interrompue également par les fissures inconstantes qui sillonnent la surface de glissement. Sa densité et son homogénéité varient avec chaque ligament.

La couche de faisceaux de pression repose elle-même sur la couche de traction composée de faisceaux cylindriques (fig. 13 à 16). Cette couche de traction est plus épaisse au niveau du faisceau phalangien. De la face superficielle du ligament, c'est-à-dire de la face opposée à la facette de contact, s'élèvent 5 à 10 lames de fasciculation bien structurées. Ces lames, mieux développées dans le faisceau phalangien qu'elles ne le sont dans son faisceau glénoïdien, se dirigent dans la couche de traction perpendiculairement à la surface de glissement en émettant de

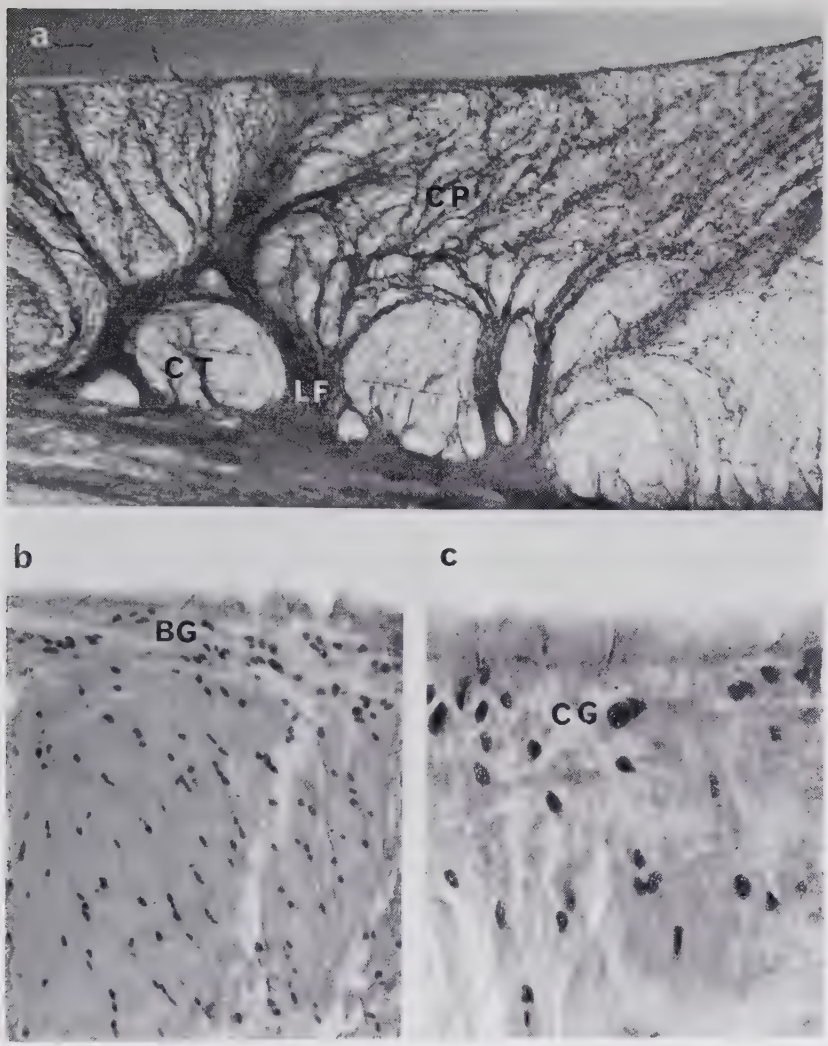


Fig. 15 - a) Photographie d'une coupe transversale du faisceau phalangien du ligament collatéral interne de la 4e articulation métacarpo-phalangienne vue par transillumination : bourrelet de glissement (BG), couche de pression (CP), couche de traction (CT) et lames de fasciculation (LF) (× 35). b) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) qui recouvre sa face profonde (× 220). c) Microphotographie du bourrelet de glissement précédent montrant une cellule géante (CG) (× 440).

nombreux rameaux interfasciculaires, puis s'inclinent dans la couche de pression parallèlement à elle. Les lames s'épanouissent alors en fines lamelles qui enveloppent les faisceaux étroitement serrés de la couche de pression, certaines branches atteignant même la zone profonde de la surface de glissement. Lorsqu'il existe une fissure, une lame relie le fond de cette fissure à la face superficielle du ligament. Sur ces coupes, il semble que l'incisure qui sépare le faisceau phalangien du faisceau

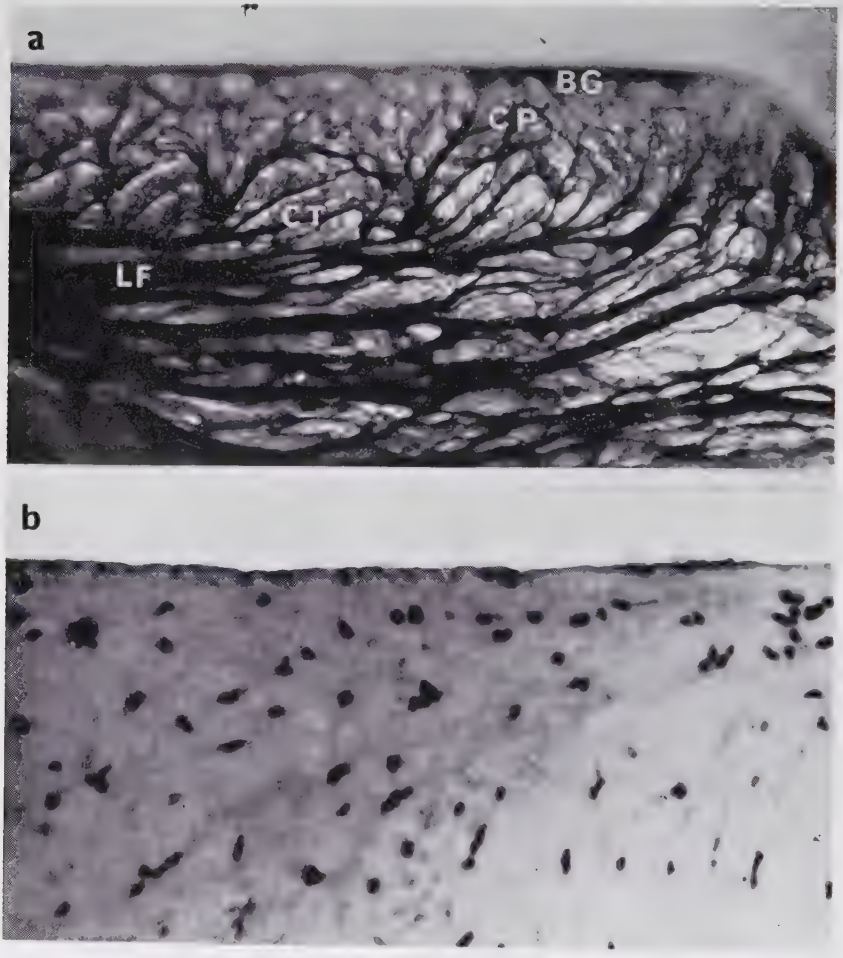


Fig. 16 - a) Photographie d'une coupe transversale du faisceau glénoïdien du ligament collatéral interne de la 5e articulation métacarpo-phalangienne vue par transillumination : bourrelet de glissement (BG), couche de pression (CP), couche de traction (CT) et lames de fasciculation (LF) (× 35). b) Microphotographie d'un bourrelet de glissement que possède le ligament sur sa face profonde (× 315).

glénoïdien corresponde à une fissure; dans un cas sur trois elle n'atteint pas la face superficielle du ligament et une lame de fasciculation la rejoint alors.

La coloration de coupes épaisses de 15 à 20 μ confirme que la facette de contact du ligament avec le cartilage est tapissée par un bourrelet de glissement dont on pressent l'existence à la transillumination. Ce bourrelet (fig. 13 à 16) est constitué de tissu conjonctif densifié et épaissi qui renferme des fibrocytes plus nombreux que dans le périligamentum externe, quelques cellules chondroïdes et des cellules géantes plus nombreuses. Ce bourrelet se développe au maximum dans la partie la plus mince de la facette, c'est-à-dire dans le fond de la concavité que forme le faisceau glénoïdien. Le champ phalangien est d'ordinaire recouvert d'un bourrelet moins typique et surtout moins étendu; à sa périphérie, le bourrelet se poursuit par la membrane synoviale articulaire, et parfois par le cartilage qui recouvre la surface de glissement d'un os sésamoïde. Ainsi chacun des ligaments collatéraux interne et externe possède-t-il des structures d'adaptation fonctionnelle au glissement et à la pression sur les rebords cartilagineux de la tête métacarpienne. Ces structures prennent une importance qui varie avec chaque ligament. Elles sont très développées et particulièrement démonstratives sur le ligament collatéral externe de la seconde articulation métacarpo-phalangienne tandis qu'elles sont nettement moins évidentes sur le ligament collatéral externe de la cinquième articulation métacarpo-phalangienne. Ces variations trouvées au niveau de chaque articulation s'observent aussi pour un même ligament suivant les sujets.

C. LE LIGAMENT TRANSVERSE DE L'ATLAS

Le ligament transverse de l'atlas tendu entre les tubercules des masses latérales droite et gauche de la première vertèbre cervicale (H. Rouviere, 1962 a), contribue à enserrer la dent de l'axis dans un anneau ostéo-fibreux constitué par ce ligament et l'arc antérieur de l'atlas (G. Paturet, 1951 a). Le ligament transverse a la forme d'une bandelette fibreuse longue de 1,5 à 2 cm, large de 0,7 à 1,3 cm et épaisse de 0,2 cm, à laquelle il est possible de décrire trois parties : deux zones latérales d'insertion dont la section est ovalaire ou arrondie et une zone médiane fortement aplatie d'avant en arrière située en regard de l'apophyse odontoïde. Cette zone médiane se présente sous la forme d'une cupule ovalaire de 1 cm de diamètre horizontal et de 0,8 cm de diamètre vertical, ouverte vers l'avant, dont les deux bords supérieur et inférieur fortement saillants, impriment deux rainures parallèles plus ou moins profondes sur la dent de l'axis. La surface de la facette du ligament apparaît tellement dense, lisse, compacte, brillante, que ce ligament est considéré comme encroûté de cartilage par la plupart des Auteurs. A la coupe, cette facette de glissement donne la silhouette d'un « S » dont la convexité inférieure répond au col de la dent. De chaque côté de cette facette, le ligament prend l'as-

pect d'un cordon discrètement aplati, moins dense et moins lisse. Dans quelques cas, deux à trois fines plicatures cheminent parallèlement au grand axe du ligament au niveau des zones d'insertion et s'estompent en pénétrant dans la zone médiane.

L'examen par transillumination de coupes épaisses révèle l'existence de trois couches : les couches de traction, de pression et le bourrelet de glissement (fig. 17).

La couche de traction, la plus éloignée de la zone de glissement, est

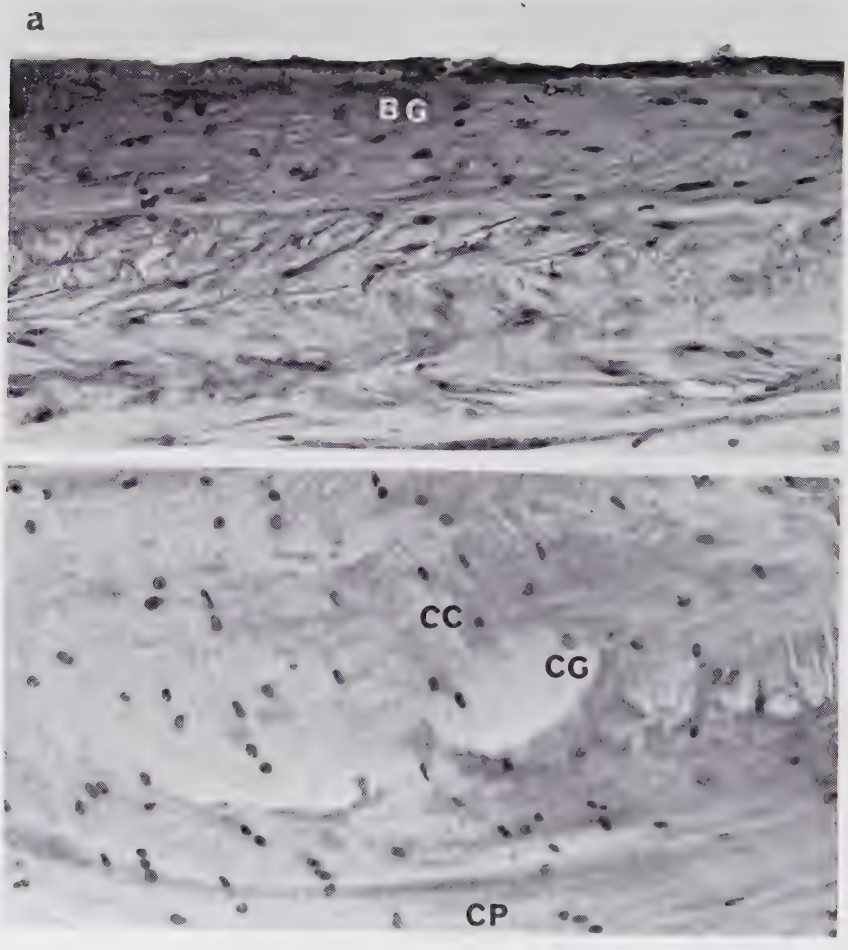


Fig. 17 - a) Microphotographie du bourrelet de glissement (BG) du ligament transverse de l'atlas (× 570). b) Microphotographie d'une coupe histologique du ligament transverse de l'atlas montrant des cellules géantes (CG) et des cellules chondroïdes (CC) de la couche de pression (CP) (× 570).

toujours réduite à quelques faisceaux ligamenteux cylindriques. Elle est parcourue par deux ou trois lames conjonctives, disposées perpendiculairement à la surface de glissement qui émettent des prolongements larges entre les faisceaux de traction.

La couche de pression représente la majeure partie du ligament; elle est faite de faisceaux dont la section transversale ovalaire est aplatie parallèlement à la surface de glissement. Ces faisceaux très serrés et réunis par les fins prolongements des lames donnent un aspect particulièrement dense au ligament. Les lames se recourbent du bas vers le haut et cheminent parallèlement à la surface de glissement.

En regard de l'apophyse odontoïde se situe un bourrelet de glissement typique infiltré de fibrocytes et de cellules chondroïdes; celles-ci se dispersent en groupes de deux cellules comprises dans une même logette ou s'assemblent en amas de quatre cellules comparables à des groupes isogéniques. La moitié inférieure du ligament possède un bourrelet très épais et très caractéristique tandis que celui de la moitié supérieure est plus mince, moins riche en cellules et se continue progressivement avec la synoviale qui joint le bord supérieur du ligament à la facette articulaire postérieure de la dent. Le développement des structures fonctionnelles dans la partie inférieure est tel que les cellules chondroïdes et les cellules géantes infiltrent non seulement le bourrelet mais aussi les zones les plus superficielles de la couche de pression.

VI. DISCUSSION

Il résulte de la présente étude que les ligaments articulaires soumis au glissement, à la pression, et parfois à la réflexion peuvent posséder les quatre structures fonctionnelles suivantes :

A. La fissuration,

B. Les lames de fasciculation,

C. La couche de pression,

D. Le bourrelet de glissement.

Ces structures fonctionnelles peuvent être observées ensemble mais le plus souvent elles ne sont pas toutes présentes sur le même ligament. Montrant de nombreuses variations d'un ligament à l'autre, et pour un même ligament d'un sujet à l'autre, elles semblent liées à des facteurs multiples essentiellement mécaniques qu'il convient d'analyser maintenant.

A. LA FISSURATION :

Parmi les ligaments précédemment observés, certains sont quelquefois fissurés. Il s'agit du ligament rond de l'articulation coxo-fémorale, du ligament collatéral externe du genou au niveau de sa facette bicipitale, du ligament croisé antéro-externe du genou, du ligament collatéral externe de l'articulation du cou-de-pied, du faisceau postérieur du ligament interosseux astragalo-calcanéen, du ligament exo-cunéométatarsien de Lisfranc ainsi que des ligaments métacarpo-phalangiens. Comment peut-on expliquer l'existence de fissures très diverses dans leur nombre, leur situation, leur développement sur des facettes ligamenteuses dont l'aspect est également très disparate ?

Quelques exemples caractéristiques permettent de dégager de l'ensemble des observations les facteurs principaux, les uns locaux et les autres plus généraux qui semblent répondre à cette question.

1) *Les facteurs locaux* – En effet, la fissuration de la face fémorale du ligament rond et celle de la face antérieure du ligament croisé antéro-externe du genou par exemple, n'apparaissent pas induites par des actions mécaniques identiques.

a) *Le ligament rond,* plus épais à son insertion fémorale que dans sa partie médiane, présente une surface de glissement plus étroite dans la première portion que dans la seconde. A cet élargissement correspond le fond de la concavité déterminée par la tête du fémur et le maximum de développement des fissures. Chacune de ces fissures dont les berges s'écartent progressivement l'une de l'autre, s'approfondit peu à peu à ce niveau. En même temps, elles s'éloignent graduellement les unes des autres. Lorsque le ligament est relâché, par exemple dans l'abduction de la cuisse sur le bassin, la surface de glissement atteint son amplitude minimale car de faibles pressions s'exercent sur elle. Inversement, dans le mouvement d'adduction de la cuisse, le ligament se tend et se réfléchit sur la tête fémorale. Des forces plus grandes s'appliquent alors sur sa face de contact avec le cartilage de la tête du fémur. Ainsi la zone de glissement du ligament subit, en glissant sur la tête fémorale, des variations de pression plus ou moins importantes. Lors de la tension du ligament, les fissures s'ouvrent et s'effacent, la zone de glissement s'aggrandit et ajuste sa forme à celle de la tête fémorale inextensible qui lui est opposée, tandis que le ligament s'aplatit quelque peu. Les fissures facilitent ainsi le glissement du ligament rond du fémur sur la surface résistante articulaire qui lui fait face de deux manières :

α) – elles permettent d'une part un ajustement constant de la forme de la surface ligamenteuse à celle de sa poulie de réflexion en modifiant son étendue et en la fragmentant en plusieurs petites zones de contact relativement indépendantes les unes des autres. Il faut remarquer que cette fonction des fissures est favorisée par la nature synoviale de ses parois et de son fond qui se laisse déformer à volonté;

β – elles entraînent d'autre part une diminution des variations de

pression qui s'exercent sur la face externe du ligament grâce aux modifications constantes de la superficie de cette face.

La fissuration d'autres ligaments comme le ligament collatéral externe du cou-de-pied, le faisceau postérieur du ligament interosseux astragalo-calcanéen et le 3e ligament de Lisfranc paraît se rapporter à des facteurs analogues.

b) *Le ligament croisé antéro-externe du genou* se dispose et s'insère de telle sorte qu'à tout moment de la flexion ou de l'extension de la jambe sur la cuisse, certaines des fibres qui le composent se tendent et contribuent à assurer le contact entre les deux os.

Ces fibres ne possèdent pas une orientation strictement parallèle au grand axe du ligament, mais un trajet spiroïde plus ou moins prononcé comparable à celui des fibres de certains tendons. Cette texture spiralée permet au ligament de jouir d'une certaine élasticité qui atténue les effets brusques de traction et même de torsion (G. Weiss et H. Rouviere, 1914).

Les fissures qui séparent partiellement les faisceaux du ligament croisé antéro-externe du genou facilitent le déplacement constant de ces faisceaux les uns par rapport aux autres lorsqu'ils se tendent successivement. La fissuration nous semble liée ici à la structure propre du ligament croisé d'autant qu'il ne se réfléchit pas sur une poulie. C'est le cas également du ligament collatéral externe du genou dont la configuration rappelle beaucoup celle d'un tendon.

c) *Les ligaments métacarpo-phalangiens collatéraux* associent dans leur agencement les deux facteurs précités : en effet, les faisceaux glénoïdien et phalangien se composent de fibres divergentes qui dessinent un éventail; cette structure propre explique en partie la présence de la fissure qui sépare chaque faisceau; mais cette fissure n'est pas constante, et d'autres fissures peuvent accompagner la première, ce qui permet au ligament d'adapter sa forme à la convexité de la tête du métacarpien correspondant au cours de la mobilisation, tout comme le ligament rond du fémur.

D'autres facteurs généraux interviennent également dans l'analyse de la fissuration.

2) *Les facteurs généraux* – L'étude de la réflexion des tendons (H. Sick, 1963) montre que la fissuration est reliée à la présence d'une bourse synoviale; cette constatation s'applique également aux ligaments observés puisque tous sont pourvus d'une cavité synoviale de glissement. La fissuration est parfois en rapport avec le trajet intraarticulaire d'un tendon et c'est aussi le cas du ligament rond.

La fissuration des ligaments est toujours moins bien développée et plus rarement rencontrée que celle des tendons. Mais on trouve fréquemment de fins sillons interfasculaires qui strient la surface de glissement de ligaments tels que le ligament transverse de l'atlas et le ligament annulaire du coude. La trame conjonctive qui les borde est moins dense que celle du bourrelet et les fibrocytes s'y amassent en plus grand nombre. L'image histologique observée est celle d'une

structure intermédiaire entre synoviale et bourrelet, de telle sorte qu'on peut considérer ces stries comme des ébauches de fissures.

Dans tous les cas, la fissuration représente une structure d'adaptation à la déformation et illustre la loi générale de fissuration énoncée par H. Rouviere et G. Cordier (1933). Mais la fissuration n'est pas la seule structure d'adaptation à la déformation observée sur les ligaments; elle est complétée par l'existence des lames de fasciculation.

B. LES LAMES DE FASCICULATION :

Si la fissuration des ligaments demeure une structure rare, les lames de fasciculation se rencontrent plus fréquemment; et comme pour la fissuration, des facteurs locaux expliquent les variations anatomiques de ces lames alors que des phénomènes plus généraux se rapportent à leurs points communs.

1) *Les facteurs locaux* – Certains ligaments possèdent des lames de fasciculation très peu développées; ce sont par exemple, le ligament rond, le ligament annulaire et le ligament transverse de l'atlas. En revanche, d'autres ligaments contiennent de nombreuses lames bien structurées. Parmi les exemples décrits, seul le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur ne montre pas de lames de fasciculation.

La présence de ces lames est liée à celle des faisceaux de traction : le ligament transverse de l'atlas subit de faibles forces de traction et les faisceaux correspondants y sont très rares; le ligament collatéral externe du genou, au contraire, résiste à de fortes tractions (R. Fick), tandis que le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur n'est soumis à aucune traction préférentielle et ses faisceaux fibreux s'entrecroisent dans de multiples directions. Dans ce cas particulier, chacune des faces du ligament est soumise au glissement et à la pression. Sa morphologie, sa structure et son rôle nous permettent de le rapprocher des ménisques. Les lames de fasciculation permettent aux faisceaux de traction de se mouvoir dans le sens axial du ligament par rapport aux faisceaux de pression. En s'inclinant parallèlement au bourrelet entre ces deux couches, ces lames réalisent parfois un véritable plan de clivage qui sépare la couche de pression de celle de traction. Elles naissent ordinairement du périligamentum externe qui recouvre la face opposée à la surface de glissement. Mais quelquefois, elles prennent leur origine dans un noyau ou un axe conjonctif situé au milieu de la couche de traction. C'est parfois le cas du ligament collatéral externe du genou au niveau de sa facette bicipitale ou encore du ligament croisé antéro-externe. On peut penser qu'un ligament muni d'une telle structure possède deux portions : l'une située entre l'axe conjonctif et la face ligamenteuse opposée au bourrelet qui n'est pas adaptée, et l'autre située entre la surface de glissement et l'axe conjonctif qui montre des adaptations structurales au glissement et à la pression. En général, l'existence d'un noyau ou d'un axe conjonctif lâche intéresse un ligament de taille importante qui subit des pressions relativement faibles et des déplacements de petite amplitude. L'infiltration par du tissu

adipeux des axes et des lames interfasciculaires du périligamentum interne s'observe sur des ligaments soumis à des pressions et à des déplacements peu importants. Les lames diffèrent en nombre selon la configuration du ligament. Les ligaments ayant la forme de cordons cylindriques possèdent jusqu'à six à huit lames de fasciculation bien individualisées, tandis que les ligaments aplatis et étalés en bandelettes en renferment toujours davantage. Ces variations s'expliquent par la morphologie propre du ligament et les lames sont déjà préfigurées dans les ligaments aplatis, en dehors de leurs zones de glissement, comme le montre l'exemple du ligament collatéral interne du genou. Les lames se ramifient dans la couche de pression en prolongements parallèles au bourrelet de glissement dans la plupart des cas. Leur degré de développement à cet endroit est lié à celui de la couche de pression. Plus celle-ci est épaisse et dense, plus les rameaux interfasciculaires s'amincissent. Dans quelques cas, ces rameaux rejoignent presque perpendiculairement la face profonde du bourrelet de glissement en traversant une couche de faisceaux de pression dont la section est un ovale à grand axe perpendiculaire à la surface de glissement. Cette disposition se rencontre sur des ligaments qui semblent subir de faibles pressions tandis que l'amplitude et la fréquence de leurs mouvements de glissement sont considérables. Cette couche de pression atypique est encore mieux visible lorsque les deux surfaces en contact appartiennent à des ligaments ou des tendons dont les axes se croisent comme par exemple le ligament deltoïdien et le tendon du muscle jambier postérieur. Elles permettraient alors aux faisceaux de se déplacer latéralement les uns par rapport aux autres afin de favoriser le glissement.

A ces facteurs individuels s'ajoutent des facteurs communs qui expliquent une raison d'être de ces lames.

2) *Les facteurs généraux* – La plupart des remarques générales établies par H. Sick (1964) dans son étude des tendons s'appliquent aux ligaments : les lames formées de périligamentum interne peuvent être interprétées comme une structure équivalente à la fissuration; ainsi elles peuvent remplacer les fissures ou s'associer à elles afin de rendre plus facile la déformation du ligament au cours de son déplacement par rapport à la surface de réflexion. Etant données la fréquence des lames et la rareté des fissures au niveau des zones de glissement des ligaments, les lames de fasciculation peuvent être considérées comme une structure d'adaptation à la déformation moins différenciée que ne l'est la fissuration; au niveau des ligaments non fissurés, les lames favorisent le jeu des faisceaux ligamenteux de traction dans un plan transversal; ainsi une surface de glissement trop convexe peut s'aplatir grâce aux lames qui naissent de la face du ligament opposée au bourrelet. Au niveau d'un ligament fissuré, les lames de fasciculation peuvent rejoindre le fond des fissures ou bien se diriger vers le bourrelet dans les intervalles délimités par ces fissures; ces deux dispositifs coexistent parfois sur le même ligament.

a) Lorsque les lames se terminent au fond des fissures, le ligament se divise en plusieurs éléments ligamenteux secondaires de tailles sensiblement égales, et relativement indépendants les uns des autres. C'est le cas parfois du faisceau moyen du ligament collatéral externe de l'articulation du cou-de-pied. Lorsque les fissures s'ouvrent et s'effacent, les lames de fasciculation s'élargissent plus ou moins et chaque portion ligamenteuse individualisée se déplace par rapport à l'autre; il en résulte une modification de la morphologie du ligament qui s'aplatit ou s'arrondit afin d'ajuster plus spécialement la forme de sa surface de glissement à celle de la surface opposée. L'efficacité du rôle qu'assure une fissure s'enfonçant jusqu'en moitié de l'épaisseur du ligament est alors doublée grâce à l'action complémentaire de la lame qui rejoint le fond de cette fissure. Il faut signaler que cette disposition se rencontre plus rarement pour celle qui sera maintenant envisagée.

b) Parfois les lames de fasciculation se dirigent vers le bourrelet de glissement dans les intervalles délimités par les fissures. Elles cheminent alors à égale distance de chacune de ces fissures lorsqu'elles sont très développées mais se ramifient avant d'atteindre le niveau du fond des fissures lorsqu'elles sont, au contraire, peu marquées. Le ligament n'est point alors divisé en trousseaux secondaires bien distincts mais possède une surface de glissement fragmentée en languettes ligamenteuses. Grâce à l'existence des lames, la surface diamétralement opposée au bourrelet se comporte également comme une surface fragmentée en plusieurs languettes fibreuses. Elles permettent aux faisceaux ligamenteux de se déplacer les uns par rapport aux autres à l'intérieur d'une même languette; elles facilitent le jeu des languettes qu'elles déterminent au niveau de la couche de traction les unes vis-à-vis des autres. Dans tous les cas, elles favorisent la déformation du ligament et contribuent à adapter la forme de sa surface de glissement à celle de la poulie dans laquelle se réfléchit le ligament.

Au niveau d'un ligament fissuré, comme pour les tendons, les lames de fasciculation et les fissures demeurent deux structures complémentaires et il semble que les lames soient sollicitées en premier, car elles sont toujours bien développées.

Après l'analyse des structures d'adaptation à la déformation, il faut envisager celle des autres structures liées à la pression et au glissement à savoir la couche de pression d'abord, le bourrelet de glissement ensuite.

C. LA COUCHE DE PRESSION :

La couche de pression se compose de faisceaux transversalement aplatis de telle sorte que leur section dessine un ovale à grand axe parallèle à la surface de glissement. Cette couche supporte en surface le bourrelet de glissement sans qu'il soit possible dans la majorité des cas de distinguer une limite précise, car le système fasciculé primaire et secondaire se trouve désorganisé par les prolongements conjonctifs de

la trame fibrillaire de ce bourrelet. En outre, les cellules chondroïdes et les cellules géantes du bourrelet infiltrent la région superficielle de la couche de pression lorsque celle-ci est bien développée comme, par exemple, au niveau des ligaments transverse de l'atlas, et calcanéo-scaphoïdien inférieur.

En profondeur, la couche de pression se continue avec la couche de traction par une zone transitionnelle constituée de faisceaux dont la forme est intermédiaire entre celle des faisceaux de pression et celle des faisceaux de traction. Les faisceaux de pression sont étroitement réunis entre eux par de minces cloisons de tissu conjonctif lâche émanant des lames de fasciculation. Ces cloisons se perdent dans la zone immédiatement sous-jacente au bourrelet, et se continuent parfois avec la trame fibrillaire de ce bourrelet. La couche de pression possède un degré de développement variable, en rapport essentiellement avec la pression. En effet, sa présence est indépendante de celle du bourrelet de glissement.

Il est possible d'étendre les conclusions générales relatives à la couche de pression des tendons réfléchis à celle des ligaments articulaires. La couche de pression est d'autant plus importante que la surface de glissement du ligament est concave ou au contraire convexe, et que la surface de glissement opposée est inextensible. Par exemple, le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur, le ligament annulaire du coude et le ligament transverse de l'atlas qui répondent à des surfaces ostéo-cartilagineuses fortement convexes, présentent une couche de pression épaisse alors que leur couche de traction est réduite. Inversement, elle est d'autant moins importante que la surface de glissement est plane et que la zone sur laquelle elle glisse est déformable comme par exemple le ligament collatéral externe de la cheville en face des tendons des muscles péroniers latéraux ou bien les ligaments croisés du genou. Son épaisseur semble être en relation directe, d'une part avec le degré de réflexion du ligament et d'autre part, avec les forces de pression qui s'exercent sur elle, ce qui explique que pour certains ligaments subissant de faibles pressions et des déplacements fréquents, la couche de pression se constitue de faisceaux serrés dont la section ovalaire oriente son grand axe perpendiculairement à la surface de glissement, que celle-ci soit pourvue ou non d'un bourrelet. C'est également pour ces ligaments dont la couche de pression est réduite, que les rameaux de périligamentum interne issus des lames de fasciculation se chargent de tissu graisseux, deviennent plus lâches et peuvent atteindre le bourrelet de glissement.

D. LE BOURRELET DE GLISSEMENT :

Sa présence est liée à celle d'une cavité de glissement. La plupart des Auteurs admettent que la membrane synoviale recouvre la surface de glissement des ligaments soumis à des déplacements et des frottements fréquemment répétés. Cette hypothèse n'est pas toujours vérifiée. En effet, les facettes de ligaments étudiés dans ce travail, possèdent un

bourrelet de glissement dont le développement est plus ou moins important. Le bourrelet se compose d'une trame fibrillaire très dense qui correspond à un épaississement de périligamentum externe. Cette trame fibrillaire est caractérisée par l'entrelacement des fibres conjonctives qui, dans la partie la plus profonde du bourrelet, se continuent dans la couche de pression où elles modifient l'agencement des faisceaux primaires et secondaires. Dans cette trame épaisse se logent des fibrocytes, des cellules chondroïdes et des cellules géantes. Les fibrocytes, tantôt ovoïdes, tantôt allongés en bâtonnets, se disposent en plus grand nombre dans le bourrelet que dans le périligamentum externe banal, ce qui s'explique par la densification et la multiplicité des fibres conjonctives qui le composent. Les cellules chondroïdes toujours moins nombreuses que les fibrocytes se répartissent dans ce bourrelet et parfois se logent entre les fibres les plus superficielles de la couche de pression. Alors qu'elles se rencontrent aisément par groupes de deux à six cellules dans les bourrelets des ligaments transverse de l'atlas, calcanéo-scaphoïdien inférieur, annulaire du coude, collatéral externe du genou et collatéral interne de la cheville, elles s'isolent et se ramifient dans ceux des autres ligaments étudiés. Elles se retrouvent sur des ligaments dont les surfaces de glissement possèdent des caractères de consistance, de couleur et de résistance que les Auteurs attribuent à la pression. On comprend alors pourquoi ces ligaments transverse de l'atlas, annulaire du coude, sont généralement considérés comme « recouverts de cartilage » ou « encroûtés de fibrocartilage ». Mais l'image histologique d'un bourrelet de glissement est bien différente de celle d'un fibrocartilage. En outre, l'existence de cellules géantes en nombre restreint soulève le problème de leur nature malgré leur ressemblance avec des mastocytes ou des labrocytes; elles se rencontrent surtout dans les bourrelets de ligaments qui s'opposent à des surfaces dures et inextensibles comme par exemple le ligament exo-cunéo-métatarsien de Lisfranc ou le ligament transverse de l'atlas.

Ainsi chaque bourrelet de glissement diffère dans son degré de développement d'un ligament à un autre, et pour le même ligament d'un sujet à un autre car la pression et la traction qui s'exercent sur chaque ligament, d'une part, la nature et la forme des surfaces de contact en présence d'autre part, sont des facteurs éminemment variables.

Tantôt de très rares cellules chondroïdes, des fibrocytes ovalaires alignés dans un ou deux plans parallèles à la surface de glissement et quelques cellules géantes se disposent dans une trame conjonctive dense, peu épaisse, qui se distingue aisément de la couche de pression sous-jacente : le bourrelet de glissement peu caractéristique ressemble à la synoviale pauvre en cellules décrite par I. Hammar. Tantôt de nombreuses cellules chondroïdes, des fibrocytes allongés et ovalaires ainsi que quelques rares cellules géantes s'amassent dans une trame conjonctive beaucoup plus dense et plus épaisse; il est alors difficile de définir une limite précise entre bourrelet et couche de pression; parfois les cellules du bourrelet infiltrent les couches superficielles de la

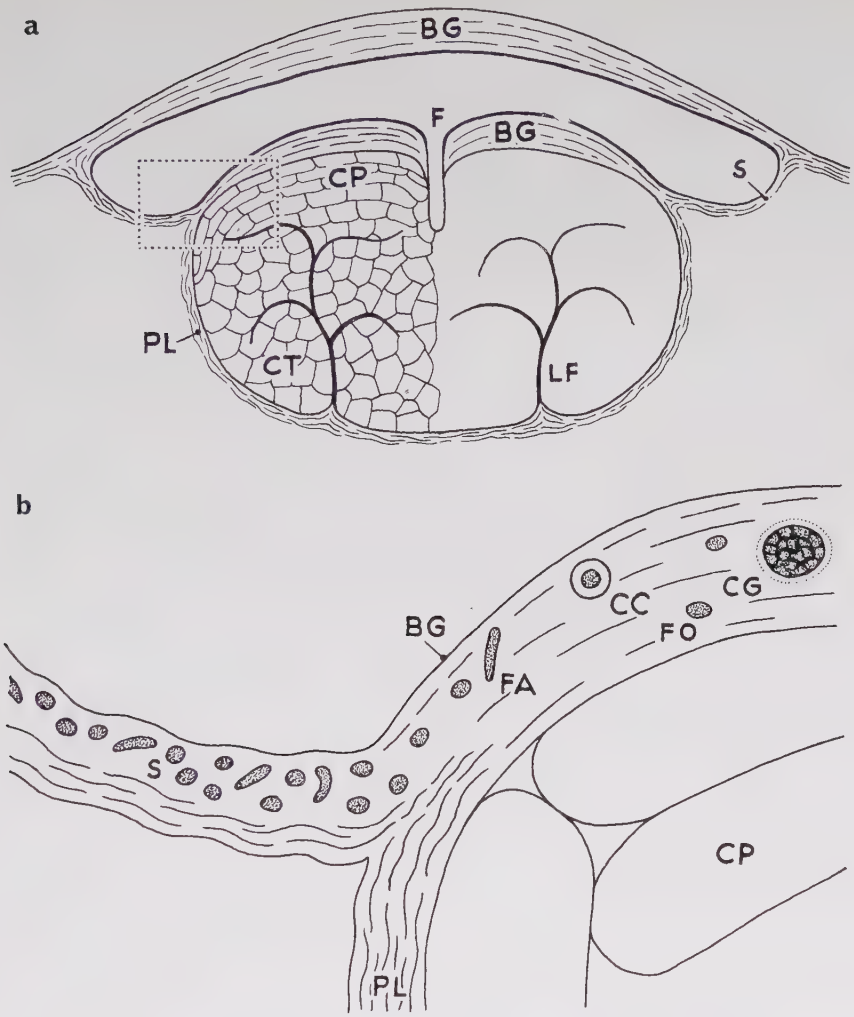


Fig. 18 - a) Schéma d'une coupe transversale d'un ligament muni d'une cavité de glissement qui peut présenter les structures d'adaptation fonctionnelle suivantes : une fissure (F) et des lames de fasciculation (LF) qui permettent au ligament d'ajuster la forme de sa surface à celle de la poulie sur laquelle il se réfléchit. L'agencement des faisceaux ligamenteux en une couche de traction (CT) et une couche de pression (CP) ainsi qu'un bourrelet de glissement (BG) formé à partir du périligamentum externe (PL) et du feuillet synovial (S) sont des dispositions liées au glissement et à la pression. b) Schéma montrant la continuité entre, d'une part, le bourrelet de glissement (BG) qui renferme des fibrocytes à noyaux allongés (FA) et ovalaires (FO), des cellules chondroïdes (CC) et des cellules géantes (CG) et, d'autre part, le périligamentum externe (PL) et le feuillet synovial (S).

zone de pression, et le bourrelet de glissement ressemble à un ménisque, tel que le ligament calcanéo-scaphoïdien inférieur par exemple. Par la présence de cellules géantes, le bourrelet de glissement s'apparente à la synoviale, mais car celle des cellules chondroïdes, il se rapproche du fibrocartilage.

Le bourrelet se continue toujours à la périphérie de la surface de glissement avec la membrane synoviale et le périligamentum externe sous-synovial (fig. 18). A ce niveau, la synoviale se détache du périligamentum dont les fibres conjonctives lâches émanent de la trame épaissie et densifiée du bourrelet de glissement. Le bourrelet de glissement ainsi constitué, peut être considéré comme une membrane synoviale modifiée.

Le bourrelet de glissement se définit donc comme une structure intermédiaire entre synoviale et fibrocartilage, en relation avec le glissement et la pression, et paraît devoir être individualisé au même titre que la synoviale et le fibrocartilage.

Des observations débordant le cadre de cette étude ont permis de constater que le bourrelet de glissement de chaque ligament répond à un bourrelet de glissement qui recouvre la surface opposée de nature osseuse, cartilagineuse ou fibreuse (P. Meyer, E. Grosshans et H. Sick, 1962). Aussi paraît-il judicieux d'élargir ce travail et d'analyser l'adaptation fonctionnelle des gaînes fibreuses, des capsules fibreuses articulaires, des aponévroses, des ménisques et autres fibrocartilages, du cartilage articulaire lui-même (E. Grosshans et P. Meyer, 1965). Il conviendrait également de déterminer, à l'aide d'investigations plus spécifiques, la nature des cellules chondroïdes et celles des cellules géantes comprises à l'intérieur du bourrelet de glissement, de préciser leurs fonctions et par là, d'élucider leur rôle dans l'état normal et l'état pathologique du tissu conjonctif.

VII. CONCLUSIONS

Les ligaments articulaires soumis au glissement et à la pression, parfois à la réflexion sur des poulies de nature fibreuse, cartilagineuse ou osseuse peuvent présenter les quatre structures fonctionnelles suivantes : la fissuration, les lames de fasciculation, l'agencement des faisceaux fibreux en une couche de pression et une couche de traction, et le bourrelet de glissement (fig. 18, a).

A. *La fissuration,* inconstante, est formée de sillons plus ou moins profonds qui parcourent la surface de glissement du ligament. Elle permet une adaptation constante de la forme de la facette de glissement du ligament à celle de la poulie de réflexion qui lui répond. Elle est parfois liée à la structure propre du ligament. Dans tous les cas, elle réa-

lise une adaptation mécanique à la déformation et s'intègre dans le cadre général de la loi de fissuration des organes (H. Rouvière et G. Cordier, 1933).

La fissuration intéresse en général le ligament rond du fémur, le ligament collatéral externe du genou, le ligament croisé antéro-externe du genou, le faisceau péronéo-calcanéen du ligament collatéral externe de la cheville, le faisceau postérieur du ligament interosseux astragalo-calcanéen, le ligament interosseux exo-cunéo-métatarsien de Lisfranc et les ligaments collatéraux métacarpo-phanlangiens (fig. 2, a, F; fig. 2, b; fig. 9, a, F).

B. *Les lames de fasciculation* naissent de la face opposée à la surface de glissement ou bien d'un noyau de tissu conjonctif lâche situé dans la couche de traction. Elles représentent une modification architecturale du périligamentum interfasciculaire. D'épaisseur variable, elles traversent la couche de traction, puis la couche de pression. Pénétrant dans la couche de pression elles s'arborisent finement et s'incurvent parallèlement à la surface de glissement. Dans quelques cas, elles demeurent rectilignes et rejoignent le bourrelet ou le périligamentum sous-synovial. Cette structure rend compte de la faculté qu'ont les faisceaux de glisser les uns par rapport aux autres, dans le sens axial du ligament et dans le plan transversal.

Les lames de fasciculation comme les fissures permettent au ligament d'adapter sa forme et plus spécialement celle de sa surface de glissement à celle de la gouttière dans laquelle il se déplace. Leur développement varie avec l'importance de la couche de traction (fig. 2, c, LF; fig. 4, a, LF; fig. 5, a, LF; fig. 6, a, LF; fig. 8, a, LF; fig. 9, b, LF; fig. 13, a, LF; fig. 14, a, LF; fig. 15, a, LF; fig. 16, a, LF).

C. *L'agencement des faisceaux ligamenteux en une couche de pression et une couche de traction* est lié au glissement, à la pression, à la réflexion et à la traction. La couche de pression sous-jacente au bourrelet est formée de faisceaux ligamenteux aplatis parallèlement à la surface de glissement, denses, serrés étroitement les uns contre les autres. Son développement est en rapport direct avec les forces de pression exercées et avec le degré de réflexion de la surface de glissement. Ainsi trouve-t-on une couche de pression relativement bien développée au niveau des ligaments transverse de l'atlas, annulaire du coude, calcanéo-scaphoïdien inférieur, collatéral interne du genou (fig. 2, c, CP; fig. 4, a, CP; fig. 5, a, CP; fig. 6, a, CP; fig. 8, a, CP; fig. 9, b, CP; fig. 12, a, CP; fig. 13, a, CP; fig. 14, a, CP; fig. 15, a, CP; fig. 16, a, CP).

La couche de traction se compose de faisceaux ligamenteux cylindriques séparés par d'épaisses cloisons conjonctives. Cette couche se situe dans la partie du ligament la plus éloignée de la surface de glissement. A l'exception des ligaments de taille importante, son développement varie en fonction inverse de celui de la couche de pression. Ainsi, cette couche est toujours importante pour les ligaments croisés du genou, collatéral externe du genou, collatéral externe de la cheville (fig. 2, c,

CT; fig. 4, a, CT; fig. 5, a, CT; fig. 6, a, CT; fig. 8, a, CT; fig. 9, b, CT; fig. 12, a, CT; fig. 13, a, CT; fig. 14, a, CT; fig. 15, a, CT; fig. 16, a, CT).

D. *Le bourrelet de glissement* revêt la facette de glissement du ligament comprise à l'intérieur de la bourse synoviale qui lui est annexée. Ce bourrelet est fait d'une densification de tissu conjonctif périligamenteux dans lequel se disposent des fibrocytes, des cellules chondroïdes et des cellules géantes en nombre variable (fig. 18, b). Ce bourrelet se rencontre sur les faces de glissement des ligaments examinés au niveau du membre inférieur, du membre supérieur et du tronc (fig. 2, a, BG; fig. 3, a, b, c; fig. 4, a, b, c; fig. 5, a, b, c; fig. 6, a, b, c; fig. 7, a, b; fig. 8, a, b, c; fig. 9, b, c; fig. 10, a, b, c; fig. 11, a, b; fig. 12, a, b, c; fig. 13, a, b; fig. 14, a, b; fig. 15, a, b, c; fig. 17, a).

Le bourrelet de glissement, modification structurale du périligamentum externe et de la synoviale qui le recouvre, en corrélation avec le glissement et la pression qu'il facilite, peut être considéré comme une entité structurale intermédiaire entre la synoviale et le fibrocartilage.

VU

Strasbourg, le 15 décembre 1967

LE PRÉSIDENT DE THÈSE

signé :

J. G. Koritke

VU

Strasbourg, le 15 décembre 1967

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

signé :

J. Clavert

VIII. BIBLIOGRAPHIE

A. TRAITÉS ET OUVRAGES NON PÉRIODIQUES :

Albinus B. S. - Historia musculorum hominis. Leidae Batavorum Haak, éd., 1734.

Bargmann W. - Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen. 4. Aufl., Stuttgart, G. Thieme, éd., 1962, Die Gewebe, 127 - 130.

Bellocq Ph. - Anatomie médico-chirurgicale. Paris, Masson & Cie, éd., 1942, fasc VII, 861 - 875.

Bellocq Ph. - Anatomie médico-chirurgicale. Paris, Masson & Cie, éd., 1957, fasc. XI, 1467 - 1487.

Bichat X. - Anatomie générale appliquée à la physiologie et à la médecine. Paris, Gabon & Cie, éd., 1801, IV, 537 - 568.

Bouin P. - Eléments d'Histologie. Paris, F. Alcan, libr., éd., 1929, I, 135 - 137.

Bouin P., Prenant A. et Maillard L. - Traité d'Histologie. Paris, Schleicher Frères & Cie, éd., 1904, I, 640 - 644.

Cruveilhier J. - Traité d'Anatomie descriptive. 3e éd., Paris, Labé, libr., éd., 1851, I, 359 - 580.

Fick R. - Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke. Jena, G. Fischer, éd., 1904, I, 104 - 106, 208 - 209, 274 - 282, 311 - 339, 360 - 386, 400 - 404, 410 - 418, 464 - 482.

Häggqvist G. - Die Gewebe, in Möllendorff, W. v., *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen.* Berlin, J. Springer, éd., 1931, Bd. II, 3, 213 - 234.

Häggqvist G. - Die Gewebe, in Möllendorff, W. v., *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen.* Berlin, J. Springer, éd., 1956, Bd. II, 4, 92 - 93.

Keil H. - Untersuchungen an Gleitsehnen vom Hund und vom Kaninchen. Diss., Freiburg im Breisgau, 1940.

Lotze R. - Untersuchungen über die Beugesehnen am Fusse des Pferdes. Diss., Leipzig, 1911.

Maximow A. - Die Gewebe, in W. v. Möllendorff, *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen.* Berlin, J. Springer, éd., 1927, Bd. II, 3, 320.

Morris H. - The anatomy of the joints of man. London, J. et A. Churchill, éd., 1879, 54 - 55, 384 - 386.

Nicolas A. - Développement des articulations, in Poirier P., Charpy A. et Nicolas A. Traité d'Anatomie Humaine, 4e éd., Paris, Masson & Cie, éd., 1926, *I*, 2, 1 - 9.

Paturet G. - Traité d'Anatomie Humaine. Paris, Masson & Cie, éd., 1951a, I, 552 - 557.

Paturet G. - Traité d'Anatomie Humaine. Paris, Masson & Cie, éd., 1951b, II, 105 - 210, 631 - 754.

Petersen H. - Histologie und mikroskopische Anatomie. München, J. F. Bergmann, éd., 1935, 183 - 186.

Policard A. - Physiologie générale des articulations à l'état normal et pathologique. Paris, Masson & Cie, éd., 1936, 94 - 107, 171 - 181.

Policard A. et Collet A. - Physiologie du tissu conjonctif normal et pathologique. Paris, Masson & Cie, éd., 1961, 9 - 126.

Retterer E. - Cité par Nicolas A., in Poirier P., Charpy A. et Nicolas A., Traité d'Anatomie Humaine. 4e éd., Paris, Masson & Cie, éd., 1926, I, 2, 1 --9.

Rouvière H. - Anatomie générale, origine des formes et des structures anatomiques. Paris, Masson, éd., 1939, 81 - 120.

Rouvière H. - Anatomie humaine descriptive et topographique. 9e éd., Paris, Masson, 1962a, I, 125.

Rouvière H. - Anatomie humaine descriptive et topographique. 9e éd., Paris, Masson, 1962b, III, 35 - 79, 290 - 336.

Schaffer J. - Die Stützgewebe, in W. v. Möllendorff, *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen.* Berlin, J. Springer, éd., 1930, Bd. II, 2, 146 - 206.

Testut A. et Latarjet A. - Traité d'Anatomie Humaine. 9e éd., Paris, G. Douin & Cie, éd., 1948, I, 475 - 737

Tourneux F. - Cité par Testut A. et Latarjet A., in *Traité d'Anatomie Humaine*. 9e éd., Paris, G. Douin & Cie, éd., 1948, I, 487.

Vallois H. V. - Arthrologie, in Poirier P., Charpy A. et Nicolas A., *Traité d'Anatomie Humaine*. 4e éd., Paris, Masson & Cie, éd., 1926, I, 2, 10 - 342.

B. PÉRIODIQUES :

Benninghoff A. - Funktionnelle Anpassung im Bereich des Bindegewebes. *Verh. Anat. Ges.*, 1931, *Anat. Anz., Ergzh., 72*, 95 - 123.

Drahn F. - Über den histologischen Bau der Gleitsehne des Musculus biceps brachii beim Pferde. *Arch. mikr. Anat.*, 1922, *96*, 39 - 69.

Gaillard J. M. - Les ménisques de l'articulation du genou. Etude morphologique et fonctionnelle. *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 1966, *49*, 329 - 356.

Grosshans E. et Meyer P. - Morphologie et variations des facettes articulaires des bases métatarsiennes. *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 1963, *46*, 50 - 77.

Grosshans E. et Meyer P. - Essai de systématisation des variations articulaires considérées au niveau de l'interligne tarso-métatarsien. *Arch. Anat. Pathol.*, 1964, *12*, 2, 134 - 138.

Grosshans E. et Meyer P. - Structure fonctionnelle du cartilage articulaire; cartes articulaires. *Rev. de Kinésithérapie*, 1965, *92*, 11 - 17.

Hagentorn V. - Entwicklung und Bau der Synovialmembranen. *Arch. mikr. Anat.*, 1882, *17*, 14 - 20.

Hammar I. - Über den feineren Bau der Gelenke. *Arch. mikr. Anat.*, 1894, *43*, 266 - 326.

Henle J. - Über die Ausbreitung des Epithelium im menschlichen Körper. *Arch. Anat. Physiol. und wiss. Med.*, 1838, 103 - 128.

Hueter C. - Zur Histologie der Gelenkflächen und Gelenkkapseln. *Virchow's Archiv*, 1866, *36*, 25 - 80.

Leutert G. - Über die Entwicklung der Struktur der Sehnen. *Zschr. mikr Anat. Forschung*, 1955, *6*, 512 - 532.

Meyer P., Grosshans E. et Sick H. - Les diarthroses ostéo-ligamenteuses. *C. R. Ass. Anat.*, 48e R., Toulouse, 1962, 1009 - 1015.

Meyer P. et Sick H. - Adaptation des tendons au glissement : le bourrelet de glissement. *C. R. Ass. Anat.*, 47e R., Naples, 1961, 558 - 563.

Meyer P. et Sick H. - Adaptation au glissement des gaînes, ligaments et gouttières à rôle de conduit ou de poulie de réflexion des tendons. *C. R. Ass. Anat.*, 48e R., Toulouse, 1962, 1016 - 1021.

Meyer P. et Sick H. - Contribution à l'étude de la fissuration des tendons. 1re R. Eur. Anat., Strasbourg, 1960, *Anat. Anz., Ergzh., 109*, 781 - 785.

Meyer P., Sick H. et Grosshans E. - Adaptation fonctionnelle au glissement et à la réflexion des tendons, des poulies de réflexion des tendons et des ligaments articulaires. *Arch. Biol., Bruxelles*, 1964, *75*, 745 - 770.

Meyer P., Sick H. et Grosshans E. - La structure des poulies de réflexion des tendons. *Att. Soc. Ital. Anat.*, 22e Conv., 1962, *Mon. Zool. Ital.*, Suppl. *70*, 66.

Mutel M. - Considérations embryologiques sur la signification des ligaments articulaires. *C. R. Soc. Biol.*, 1920, *83*, 155 - 156.

Nauck E. Th. et Ploetz E. - Umwandelbarkeit von Gleitsehnen in Zugsehnen und umgekehrt. *Verh. Anat. Ges.*, 1937, 266 - 273.

Pfitzner W. - Beiträge zur Kenntnis des menschlichen Extremitätenskeletts. VIII. Die morphologischen Elemente des menschlichen Handskeletts. *Zeitschr. f. Morph. u. Anthr.*, 1900, *2*, 265 - 378.

Ploetz E. - Funktionneller Bau und funktionnelle Anpassung der Gleitsehnen. *Zschr. Orthopädie und ihre Grenzgebiete*, 1938, *67*, 212 - 234.

REHN E. - Über die funktionnelle Anpassung des Bindegewebes im chirurgischen Geschehen. *Verh. Anat. Ges.*, 1931, 133 - 152.

ROUVIÈRE H. et CORDIER G. - La raison d'être des fissures. Loi de fissuration. *C. R. Ass. Anat.*, 29e R., Lisbonne, 1933, 578 - 585.

SICK H. - L'adaptation des tendons à la réflexion. *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 1964, *47*, 370 - 446.

SICK H., GROSSHANS E. et MEYER P. - Structure et adaptation fonctionnelle du ligament rond de l'articulation coxo-fémorale. *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 1963, *46*, 313 - 323.

SRDINKO O. - Sur l'histologie du tissu tendineux dans les flexures. Bull. Internat. Acad. Soc. Bohême, 1922, cité par HÄGGQVIST, G. Gewebe und Systeme der Muskulatur, in Möllendorff, W. von., *Handbuch der mikroskopischen Anatomie des Menschen*, Berlin, J. Springer, éd., 1931, Bd. II, 3. Teil, 215.

TILLMANS H. - Zur Histologie der Synovialmembranen. *Arch. klin. Chir.*, 1876, *19*, 693 - 711.

WEISS G. et ROUVIÈRE H. - Sur la texture des tendons. *Bibliogr. anat.*, 1914 - 1918, *25*, 29 - 33.

TABLE DES MATIÈRES

I. **INTRODUCTION** 19

II. **L'ORGANISATION GÉNÉRALE DES LIGAMENTS ARTICULAIRES** 20

A. **Définition et rappel embryologique** 20

B. **Morphologie et texture** 20

C. **Etude histologique** 22

III. **LES STRUCTURES D'ADAPTATION FONCTIONNELLE** 23

A. **Les appareils de glissement extrinsèques** 23

1) Les bourses séreuses 24

2) Les gaînes synoviales annexées aux tendons 24

3) La synoviale articulaire 24

B. **Les structures intrinsèques d'adaptation des ligaments au glissement et à la pression** 26

1) Le bourrelet de glissement 26

2) L'agencement des faisceaux ligamenteux 30

3) Les lames de fasciculation 31

4) La fissuration 31

IV. **MATÉRIEL ET MÉTHODES** 32

V. **RÉSULTATS** 33

A. **Ligaments du membre inférieur** 33

B. **Ligaments du membre supérieur** 69

C. **Ligament transverse de l'atlas** 79

VI. **DISCUSSION** 81

VII. **CONCLUSIONS** 90

VIII. **BIBLIOGRAPHIE** 92

Dépôt légal IIIe trimestre 1969 - Imprimerie N° 2378

Imprimé en France - Alsatia Colmar, 10, rue Bartholdi